



Revue Scientifique et Technique

ISSN 2409-1693 / eISSN 2412-3005

# Forêt & Environnement

Bassin du Congo

Revue Internationale Semestrielle

Avril 2021

Volume 16





# Commission des Forêts d'Afrique Centrale

Une dimension régionale pour la conservation et la gestion durable des écosystèmes forestiers

## PORTEFEUILLE DES PROGRAMMES ET PROJETS REGIONAUX DANS LE SECTEUR FORETS-ENVIRONNEMENT SOUS LA COORDINATION DE LA COMIFAC

Le Secrétariat Exécutif de la Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC) a pour mandat de coordonner la mise en œuvre des activités de la COMIFAC, d'exécuter et faire appliquer les décisions du Conseil des Ministres. En tant qu'organe d'exécution, il est chargé de coordonner, de suivre et d'harmoniser les différentes stratégies et initiatives du secteur forêt-environnement développées dans la sous-région. Dans le cadre de ses missions, le Secrétariat Exécutif dispose actuellement dans son portefeuille d'une quinzaine de projets et programmes sous-régionaux mis en œuvre sous sa coordination/supervision. Au cours de l'année écoulée, de nombreuses réalisations effectuées par ces initiatives dans le cadre de la mise en œuvre du Plan de convergence sous-régional ont permis ainsi aux pays d'Afrique Centrale de bénéficier des appuis des partenaires dans divers domaines (assistance technique, fourniture d'équipements et d'infrastructures, formation et renforcement de capacités, plaidoyer, etc.). Il s'agit des initiatives suivantes :



(1) Programme d'appui à la conservation des écosystèmes du bassin du Congo (PACBEC) : clôturé en juin 2017 et deuxième phase en cours de préparation ; (2) Programme régional « Gestion durable des forêts dans le bassin du Congo », avec la coopération Allemande. Ce programme regroupe les projets suivants : (a) Projet GIZ d'appui régional à la COMIFAC ; (b) Projet GIZ de mise en œuvre du processus APA (Accès et Partage des Avantages issus de l'exploitation des ressources génétiques) ; (c) Projet GIZ d'appui au Complexe Binational BSB Yamoussa ; (d) Programme de Promotion de l'exploitation certifiée des forêts d'Afrique Centrale (PPECF), KFW ; (e) Projet Fondation de la Trinationale de la Sangha (FTNS) « appui institutionnel à la gestion durable des forêts volet Congo, RCA, KFW ; (3) Projet de renforcement des capacités institutionnelles en matière de REDD+ pour la gestion durable des forêts du Bassin du Congo (PREREDD+), FEM/Banque Mondiale ; (4) Projet Renforcement et Institutionnalisation de l'Observatoire des Forêts d'Afrique Centrale (RIOFAC), Union Européenne ECOFAC VI ; (5) Projet- Mécanismes de financement durable du système des aires protégées dans le bassin du Congo, FEM/PNUD ; (6) Projet « Promotion de la Conservation et de l'Utilisation Durable de la Biodiversité et des Mesures contre le Changement Climatique dans les Pays de la COMIFAC » JICA/Coopération Japonaise ; (7) Projet d'appui à l'élaboration des Directives de suivi des Objectifs de Développement Durable (ODD) relatifs aux Forêts, FAO ; (8) Projet « Ratification et mise en œuvre du Protocole de Nagoya sur l'APA » FEM/ONU Environnement ; (9) Projet Africa TWIX, Traffic ; (10) Projet DYNAFFOR « Résultats scientifiques et choix politiques pour une gestion forestière durable » / Projet P3FAC « Partenariat Public Privé pour gérer durablement les Forêts d'Afrique Centrale », FFEM/ATIBT.

En plus de ces projets et projets en cours de mise en œuvre et qui bénéficient aux pays membres, d'autres projets sont en cours de préparation et de négociation avec les partenaires. Il s'agit spécifiquement de : (a) Phase 2 du programme PACBEC ; (b) Phase 2 du projet REDD+ et autres initiatives sur l'adaptation et l'atténuation ; (c) Phase 2 du projet PEFGRN ; (d) Phase 2 du programme GIZ d'appui à la COMIFAC ; (e) Projet de préparation READINESS-FVC (RCA) ; (f) Projet d'Adaptation dans le secteur forestier.

**Secrétariat Exécutif** Tél: +237 222 13 511 - Fax: +237 222 13 512

BP 20818 Yaoundé Cameroun / e-mail : [comifac@comifac.org](mailto:comifac@comifac.org) / Site web: [www.comifac.org](http://www.comifac.org)



### EQUIPE DE REDACTION

#### Rédacteur en Chef

KACHAKA SUDI KAIKO Claude

#### Chargé de la Publication

FOGAING Jr Roméo

#### Directeur de Publication et Rédacteur Adjoint des Volets Scientifique et Technique

FOUJNET Amos Erick

#### Secrétaire de Rédaction

NKWINKWA Désirée

#### Maquettiste

FOTSO TALOM Serges Eric

Site web : [www.riffeac.org](http://www.riffeac.org) - [www.revue.riffeac.org](http://www.revue.riffeac.org) / B.P.: 2035 Yaoundé - Cameroun / Tél. : +237 222 20 80 65 / e-mail : [infos@riffeac.org](mailto:infos@riffeac.org)

Cette Revue est éditée et produite par le RIFFEAC dans le cadre du **Projet PEFGRN-BC**  
Avec l'Appui financier du Fonds pour les Forêts du Bassin du Congo (FFBC) administré par la Banque Africaine de Développement (BAD)



## EDITORIAL

L'Agenda 2063 de l'Union Africaine en son ASPIRATION 1 « Une Afrique prospère fondée sur la croissance inclusive et le développement durable » au point 10 : *Nous aspirons à ce que d'ici 2063, l'Afrique soit un continent de prospérité partagée, qui dispose des moyens et des ressources nécessaires pour piloter son propre développement grâce à une gestion durable et à long terme de ses ressources*, sonne le «LA». Sous l'impulsion de la Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC), ce point 10 devient la boussole des 10 pays du Bassin du Congo ayant la responsabilité de la gestion durable des ressources naturelles de ce deuxième poumon de l'humanité après l'Amazonie.

Des politiques synergiques concertées devront se concevoir et se mettre en œuvre pour relever le défi de l'émergence du continent africain d'ici 2063.

La politique de la décentralisation et du développement local devient l'incontournable levier de cette mutation tant attendue. Les Collectivités Territoriales Décentralisées (CTD) deviennent alors les moteurs du développement local. Comme il n'y a pas de développement sans énergie, la biomasse forestière du Bassin du Congo deviendra pour les centrales à biomasse ce qu'est l'uranium pour les centrales nucléaires.

Ce concept de la disponibilité de la biomasse forestière pourra d'ailleurs s'étendre à celle de la biomasse des zones industrielles n'appartenant pas au Bassin du Congo, mais bénéficiant des résidus industriels en abondance pour une production soutenue de l'énergie électrique et thermique. Nous pouvons citer les zones agro-industrielles cultivant et transformant : la canne à sucre, le maïs, le coton, le riz, etc. Ces agropoles qui seront conçus et mis en œuvre par chaque pays africain permettront sur l'ensemble de chaque territoire par zone agro-écologique de proposer la bonne formule pour une énergie durable contribuant à la réduction de l'empreinte carbone.

La production locale de cette énergie permettra de créer des pôles de développement endogènes évitant ainsi qu'en 2050 comme le projettent certaines références bibliographiques, que 50% de la population africaine soit urbaine.

L'Afrique évitera ainsi l'engorgement des métropoles avec toutes les contingences qui l'accompagnent: la promiscuité, les violences sociales, le désordre urbain, l'émergence des foyers des maladies épidémiques, pandémiques et endémiques.

Pour y arriver de manière efficace, tout le monde devra être impliqué. Il faudra repenser certaines pratiques ou concepts qui ont montré leur limite. Nous allons ici prendre le concept de la gestion des forêts communautaires. Il est évident que la manière dont elle est entreprise actuellement est très inefficace. Il faudra passer du concept de Comité de Gestion (CG) au concept de Comité de



**Prof. Erick Amos FOUJET**

Directeur de Publication  
Professeur Emérite des Universités, CRESA  
Forêt-Bois, Université de Dschang, Cameroun

## **Editorial**

---

Développement (CD). En effet, la population riveraine n'a aucune compétence en gestion des forêts communautaires. Il faudra en confier la gestion à des professionnels de l'aménagement forestier avec un cahier de charge précis et un contrôle de l'administration forestière sans faille ni complaisance. La part de bénéfice qui revient à la population riveraine devrait leur permettre dans un CD d'exercer un métier qu'elle sait très bien faire : la production du miel, la domestication de la faune, la domestication de la flore, la création des étangs piscicoles, des champs de manioc, des palmeraies avec toute la chaîne de transformation, de distribution au niveau national, sous régional et mondial. Comme dans les Régions des Grands Lacs, il sera possible d'introduire des espèces de caïmans ou de crocodiles pour un élevage industriel avec au bout de la viande et des peaux si recherchées mondialement pour l'industrie du cuir. Il sera possible de domestiquer les pangolins géants pour une reproduction industrielle justifiée par la forte demande sur le marché asiatique.

L'exploitation forestière devra suivre les normes internationales et aller de la première transformation qui se fait maintenant en forêt au moment de l'abattage des arbres dont les DME (Diamètre Minimum d'Exploitation) sont atteints, à la deuxième transformation à la scie de tête en début de chaîne de transformation en entreprise puis à la troisième et à la quatrième transformation.

Il faudra créer des Complexes Industriels Intégrés (CII) et n'attribuer l'exploitation des Unités Forestières d'Aménagement (UFAs) qu'à un consortium d'entreprises soumissionnant ensemble pour que la chaîne de transformation soit complète sur site. En fait, on passera de l'exigence de «Plus de grumes dans un bateau dès 1999 comme c'était déjà le cas dans la loi forestière de certains pays et comme annoncé pour une entrée en vigueur en 2023 par les Pays du Bassin du Congo» à «plus de Grumiers sur les axes routiers». De 1999 à 2023, ce serait écoulé 23 ans ; que de temps perdu ! Les grumiers ne circuleront plus que dans les Zones de Transformation Industrielles (ZTI) rattachées à une ou plusieurs UFAs.

Les gains sont énormes : les déchets de bois servent de combustibles pour la production de l'énergie pour les entreprises, la population riveraine et les villes environnantes. Les chips et pellets sont vendus sur le marché international et la réduction de l'empreinte carbone est effective et efficace.

Les multiples concertations et stratégies qui sont véhiculées à travers les différents séminaires, ateliers et conférences donnent de l'espoir sans aucun doute que l'Afrique représentera en 2063 une force dynamique sur la scène mondiale.

**Professeur Erick Amos FOUJÉT**

**Professeur Emérite**

**Ingénieur Polytechnicien, Docteur Ingénieur, Docteur d'État ès Sciences**

**Directeur de Publication de la Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo, Editée et Publiée par le RIFFEAC**

**Expert National du Plan Directeur d'Industrialisation du Cameroun, Horizon 2050**

**CRESA FORÊT-BOIS, Université de Dschang**

**République du Cameroun**

## COMITE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

N°	Noms et Prénoms de l'Expert	Thème Scientifique	Qualification de l'Expert	Institution
1	<i>KHASA Damase</i>	(1) - Agroforesterie	Professeur Titulaire	Université LAVAL, CANADA <b>e-mail : damase.khasa@sbf.ulaval.ca</b>
2	<i>RIERA Bernard</i>	(2) - Agro-écologie	HDR (CNRS)	Muséum National d'Histoire Naturelle, FRANCE <b>e-mail : riera@mnhn.fr</b>
3	<i>NZALA Donatien</i>	(3) - Aménagement forestier	Maître de Conférences (CAMES)	Ecole Nationale de Sciences Agronomiques et de Foresterie / Université Marien NGOUABI Brazzaville, CONGO <b>e-mail nzaladon@yahoo.fr</b>
4	<i>MBAÏLAO MBAÏGUINAM Jean Marie</i>	(4) - Biologie de la conservation	Maître de Conférences (CAMES)	Université de N'djaména, TCHAD <b>e-mail : mbailaoj@yahoo.fr</b>
5	<i>WABOLOU François</i>	(5) - Biotechnologie forestière	Maitre assistant des Universités	Institut Supérieur de Développement Rural, RCA <b>e-mail : wabolouf@yahoo.fr</b>
6	<i>NDIAYE SALIOU</i>	(6) - Changement climatique	Professeur des Universités ANAFE RAFT-Sahel Chair	Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA) / Université de Thiès, SENEGAL <b>e-mail : drsaliou@gmail.com</b>
7	<i>BOBDA Athanase</i>	(7) - Droit forestier	Professeur des Universités	Université du Havre, FRANCE <b>e-mail :bopda20001@yahoo.com</b>
8	<i>POSSO Paul Darius</i>	(8) - Ecologie forestière	Professeur Titulaire	Ecole Nationale des Eaux et Forêts Cap-Estérias, GABON <b>e-mail : possopauldarius@yahoo.fr</b>
9	<i>BOUKOULOU Henri</i>	(9) - Economie forestière	Maître de Conférences (CAMES)	Ecole Nationale de Sciences Agronomiques et de Foresterie / Université Marien NGOUABI Brazzaville, CONGO <b>e-mail : h_boukoulou@yahoo.fr</b>
10	<i>NANCY Gélinas</i>	(10) - Economie environnementale	Professeur Titulaire	Université Laval, CANADA <b>e-mail :nancy.gelinas@sbf.ulaval.ca</b>
11	<i>RIERA Bernard</i>	(11) - Foresterie communautaire	HDR (CNRS)	Muséum National d'Histoire Naturelle, FRANCE <b>e-mail : riera@mnhn.fr</b>
12	<i>TCHOUNDJEU Zacharie</i>	(12) - Génétique et génomique forestières	Maître de Recherche	Higher Institute of Environmental Sciences, CAMEROUN <b>e-mail : z.tchoundjeu@cgiar.org</b>

## COMITE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

N°	Noms et Prénoms de l'Expert	Thème Scientifique	Qualification de l'Expert	Institution
13	<i>MITIVITI PALUKU Gilbert</i>	(13) - Hydrologie forestière	Docteur en Sciences agronomiques	Université Catholique du Graben, RD CONGO <b>e-mail : malkakuva@gmail.com</b>
14	<i>ITOUA-APOYOLO Chantal Maryse</i>	(14) - Pathologie et entomologie forestières	Maître Assistant des Universités	Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, CONGO <b>e-mail : chapoyolo@yahoo.fr</b>
15	<i>BITIJULA MAHIMBA Martin</i>	(15) - Pédologie et fertilité des sols tropicaux	Professeur Titulaire	Faculté des Sciences Agronomiques Université de Kinshasa RD CONGO <b>e-mail : marbitijula@gmail.com</b>
16	<i>GOURDON Paul Rémy</i>	(16) - Modélisation des phénomènes environnementaux	Professeur des Universités	Université de Lyon, FRANCE <b>e-mail : remy.gourdon@insa-lyon.fr</b>
17	<i>FOUDJET Amos</i>	(17) - Science et technologie du bois	Professeur des Universités	CRESA Forêts-Bois. Faculté d'Agronomie des Sciences Agricoles / Université de Dschang CAMEROUN. <b>e-mail : efoudjet@yahoo.fr</b>
18	<i>NZALA Donatien</i>	(18) - Sylviculture	Maître de Conférences (CAMES)	Ecole Nationale de Sciences Agronomiques et de Foresterie / Université Marien NGOUABI Brazzaville, CONGO <b>e-mail nzaladon@yahoo.fr</b>
19	<i>TCHAMBA NGANKAM Martin</i>	(19) - Faune et aires protégées	Maître de Conférences	Université de Dschang, CAMEROUN <b>e-mail : mtchamba@yahoo.fr</b>
20	<i>LALÉYE Philippe</i>	(20) - Pisciculture et pêche	Professeur Titulaire	Faculté des Sciences Agronomiques, Université Abomey-Calavi, BENIN. <b>e-mail : laleyephilippe@gmail.com</b>

## COMITE DE LECTURE

N°	Noms et Prénoms	Titre	Institution
1	<i>ASSAKO ASSAKO René Joly</i>	Professeur des Universités	Ecole Normale Supérieure de Yaoundé, Université de Yaoundé I, CAMEROUN <b>e-mail : rjassako@yahoo.fr</b>
2	<i>AVANA TIENTCHEU Marie Louise</i>	Maître Assistant des Universités	CRESA Forêts-Bois. Faculté d'Agronomie des Sciences Agricoles / Université de Dschang, CAMEROUN <b>e-mail : avanatic@yahoo.fr</b>
3	<i>AZIZ LAGHDIR</i>	Professeur Associé, Université Laval	SEREX (Service de Recherche et d'Expertise en Transformation des Produits Forestiers), QUEBEC <b>e-mail : aziz.laghdir@serex.qc.ca</b>
4	<i>BELL Jean Marcial</i>	Maitre Assistant des Universités	CRESA Forêts-Bois. Faculté d'Agronomie des Sciences Agricoles / Université de Dschang, CAMEROUN <b>e-mail : jmbell237@hotmail.com</b>
5	<i>BITIJULA MAHIMBA Martin</i>	Professeur Titulaire	Faculté des Sciences Agronomiques / Université de Kinshasa, RD CONGO <b>e-mail : marbitijula@gmail.com</b>
6	<i>BITONDO Dieudonné</i>	Maître de Conférences	Faculté d'Agronomie des Sciences Agricoles / Université de Dschang, CAMEROUN <b>e-mail: bitondodieudonne@yahoo.fr</b>
7	<i>BOBDA Athanase</i>	Professeur des Universités	Université du Havre, FRANCE <b>e-mail : bopda20001@yahoo.com</b>
8	<i>BOUKOULOU Henri</i>	Maître de Conférences (CAMES)	Ecole Nationale de Sciences Agronomiques et de Foresterie, Université Marien Nguabi Brazzaville, CONGO <b>e-mail : h_boukoulou@yahoo.fr</b>
9	<i>CROS David</i>	Chercheur (Ph.D)	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) <b>e-mail : david.cros@cirad.fr</b>
10	<i>DAN LANSSANA KOUROUMA</i>	Enseignant / Chercheur ; Professeur associé à l'Université de Québec à Montréal	Centre d'Etude et de Recherche en Environnement, Université de Conakry, GUINÉE <b>e-mail : dan_lansana@yahoo.fr</b>
11	<i>DJEUGAP FOVO Joseph</i>	Maître Assistant des Universités	Faculté Agronomique des Sciences Agricoles, Université de Dschang, CAMEROUN <b>e-mail : joseph.djeugap@univ-dschang.org</b>
12	<i>DOSSOU Odile</i>	Maître de Conférences des Universités	Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines Université d'Abomey-Calavi, BENIN <b>e-mail : viliho2004@yahoo.fr</b>
13	<i>FOGAING Jr Roméo</i>	Maître Assistant des Universités	Faculté Agronomique des Sciences Agricoles, Université de Dschang, CAMEROUN <b>e-mail : jr_fogaing@yahoo.fr</b>
14	<i>FOUDJET Amos</i>	Professeur des Universités	CRESA Forêts-Bois. Faculté d'Agronomie des Sciences Agricoles / Université de Dschang, CAMEROUN. <b>e-mail : efoudjet@yahoo.fr</b>

## COMITE DE LECTURE

N°	Noms et Prénoms	Titre	Institution
15	<b>GIBIGAYE</b> <i>Mohamed</i>	Maître de Conférences des Universités (CAMES) , Expert en Génie Civil près les Tribunaux du Bénin	Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, BENIN <b>e-mail : gibigaye_mohamed@yahoo.fr</b>
16	<b>GOURDON Paul</b> <i>Rémy</i>	Professeur des Universités	Institut National des Sciences Appliquées Université de Lyon 1, FRANCE <b>e-mail : Remy.Gourdon@insa-lyon.fr</b>
17	<b>HOUINATO Marcel</b> <i>Romuald Benjamin</i>	Professeur Titulaire	Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, BENIN <b>e-mail : mrhouinat@yahoo.fr</b>
18	<b>KHASA Damase</b>	Professeur Titulaire	Université LAVAL, CANADA <b>e-mail : damase.khasa@sbf.ulaval.ca</b>
19	<b>+IBRAHIM SAMBO</b> <i>Soulemane +</i>	Maître Assistant des Universités	Ecole Nationale des Eaux et Forêts du Cap Estérias, Université Omar Bongo, GABON <b>e-mail : si.sambo@riffeac.org</b>
20	<b>IKOGOUE Samuel</b>	Maître Assistant des Universités	Ecole Polytechnique de Masuku, Université des Sciences et Technique de Masuku, GABON <b>e-mail : ikogousamuel@yahoo.fr</b>
21	<b>IYONGO WAYA</b> <i>Mongo Leon</i>	Professeur Associé, Ingénieur Biologiste	Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables (GRNR), Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques de Bengamisa, RD CONGO <b>e-mail : iyongoleon@yahoo.fr</b>
22	<b>MANFOUMBI BOUSSOUGOU</b> <i>Nicaise</i>	Maître Assistant des Universités (CAMES)	Ecole Polytechnique de Masuku / Université des Sciences et Techniques de Masuku, GABON <b>e-mail : nicaise_manfoumbi@hotmail.com</b>
23	<b>MBAÏLAO MBAÏGUINAM</b> <i>Jean Marie</i>	Maître de Conférences (CAMES)	Université de N'djaména, TCHAD <b>e-mail : mbailaoj@yahoo.fr</b>
24	<b>MBADU ZEBE</b> <i>Victorine</i>	Professeur	Institut Supérieur des Techniques Médicales, (ISTM), Kinshasa, RD CONGO <b>e-mail : mbaduzebe@yahoo.fr</b>
25	<b>MENIKO TO</b> <i>HULU Jean Pierre</i> <i>Pitchou</i>	Professeur Titulaire	Institut Facultaire des Sciences Agronomiques, (IFA-Yangambi), Département Eaux et Forêts, Laboratoire d'Ecologie du Paysage et Foresterie Tropicale (LEPAFORT), RD CONGO <b>e-mail : menitop2000@yahoo.fr</b>
26	<b>MERIEM FOURNIER</b>	HDR ; Ingénieur de l'Ecole Polytechnique de Palaiseau X-ENGREF ; Ingénieur en Chef des Ponts, des Eaux et des Forêts	AgroParisTech, Centre de Nancy, FRANCE <b>e-mail : meriem.fournier@agroparistech.fr</b>
27	<b>MOUGOUE Benoit</b>	Maitre de Conférences des Universités	Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines Université de Yaoundé I, CAMEROUN. <b>e-mail : ben_mougoue@yahoo.fr</b>
28	<b>MOUTOU PITTI</b> <i>Rostand</i>	HDR ; Professeur des Universités	Polytech Clermont Ferrand - Institut Pascal (UCA-CNRS-SIGMA), Université Clermont Auvergne, FRANCE <b>e-mail : rostand.moutoupitti@uca.fr</b>



## COMITE DE LECTURE


N°	Noms et Prénoms	Titre	Institution
29	<b><i>MOUSAMBOTE Jean-Marie</i></b>	Maître de Conférences (CAMES)	Unité Ecologie-Phytosociologie de l'Institut National de Recherche en Sciences Exactes et Naturelles, CONGO <b>e-mail : moutsambotej@gmail.com</b>
30	<b><i>NANCY Gélinas</i></b>	Professeur Titulaire	Université Laval, CANADA <b>e-mail : nancy.gelinas@sbf.ulaval.ca</b>
31	<b><i>NASSI Karl Martial</i></b>	Maître Assistant des Universités (CAMES)	Ecole d'Horticulture et d'Aménagement des Espaces Verts de l'Université Nationale d'Agriculture de Kétou, BENIN <b>e-mail : martial2006@yahoo.fr</b>
32	<b><i>NDIAYE Saliou</i></b>	Professeur des Universités ANAFE RAFT-Sahel Chair	Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA), Université de Thiès, SENEGAL <b>e-mail : drsaliou@gmail.com</b>
33	<b><i>NGNIKAM Emmanuel</i></b>	Maitre Assistant des Universités Docteur en Sciences et Techniques des déchets de l'INSA de Lyon en France	Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé, Département de Génie Civil et Urbain, Université de Yaoundé I, CAMEROUN <b>e-mail : emma_ngnikam@yahoo.fr</b>
34	<b><i>NKOUATHIO David Guimolaire</i></b>	Maître de Conférences des Universités	Faculté des Sciences, Université de Dschang, CAMEROUN <b>e-mail : nkouathio@yahoo.fr</b>
35	<b><i>NSHIMBA SEYA WAMALALE Hippolyte</i></b>	Professeur des Universités	Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables Université de Kisangani, RD CONGO <b>e-mail : hippolyteseya@yahoo.fr</b>
36	<b><i>NZALA Donatien</i></b>	Maître de Conférences (CAMES)	Ecole Nationale de Sciences Agronomiques et de Foresterie / Université Marien Ngouabi Brazzaville, CONGO <b>e-mail : nzaladon@yahoo.fr</b>
37	<b><i>OLOUKOI Joseph</i></b>	Maitre Assistant (CAMES)	African Regional Institute for Geospatial Information Science and Technology, NIGERIA <b>e-mail : chabijos@yahoo.fr</b>
38	<b><i>OUELLET LAPOINTE Ugo</i></b>	Maîtrise en Ecologie Forestière	Cadre Autonome en relations faune et habitats forestiers aménagés, Laval, CANADA <b>e-mail : lapointe.u@gmail.com</b>
39	<b><i>PALUKU MUTIVITI Gilbert</i></b>	Maître Assistant des Universités	Faculté des Sciences Agronomiques, Université Catholique du Graben, RD CONGO <b>e-mail : malkakuva@gmail.com</b>
40	<b><i>LEVANG Patrice</i></b>	Directeur de Recherche IRD	Unité Mixte de Recherche Gred Montpellier, FRANCE <b>e-mail : levang.patrice@ird.org</b>
41	<b><i>RIERA Bernard</i></b>	HDR (CNRS)	Muséum National d'Histoire Naturelle, FRANCE <b>e-mail : riera@mnhn.fr</b>
42	<b><i>SONKE Bonaventure</i></b>	Professeur des Universités	Ecole Normale Supérieure, Université de Yaounde I, CAMEROUN <b>e-mail : bsonke_1999@yahoo.com</b>

## COMITE DE LECTURE


N°	Noms et Prénoms	Titre	Institution
43	<b>TABOPDA WAFO</b> <i>Gervais</i>	Professeur Titulaire	Université d'Orléans, France <b>e-mail : gervais.tabopda@design.gatech.edu</b>
44	<b>TALLA Pierre</b> <i>Kisito</i>	Maître de Conférences des Universités	Faculté des Sciences / Université de Dschang, CAMEROUN <b>e-mail : tpierrekisito@yahoo.com</b>
45	<b>TCHATAT</b> <i>Mathurin</i>	Maître de Recherche	Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), CAMEROUN. <b>e-mail : mathurintchatat@yahoo.fr</b>
46	<b>TCHEBAYOU</b> <i>Sébastien</i>	Master of Science in Natural Resource Management ; Ingénieur des Eaux, Forêts et Chasses Coordonnateur FODER	ONG Forêts et Développement Rural, CAMEROUN. <b>e-mail : setchebayou@yahoo.fr</b>
47	<b>TCHEHOUALI</b> <i>DEFODJI Adolphe</i>	Maître de Conférences des Universités (CAMES)	Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, BENIN <b>e-mail : tchehoua@yahoo.fr</b>
48	<b>TCHEKOTE</b> <i>Hervé</i>	Maître de Conférences des Universités	Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, CAMEROUN <b>e-mail : herve.tchekote@gmail.com</b>
49	<b>TCHINDJANG</b> <i>Mesmin</i>	Maître de Conférences des Universités	Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines Université de Yaoundé I, CAMEROUN <b>e-mail : mtchind@yahoo.fr</b>
50	<b>TCHOUNDJEU</b> <i>Zacharie</i>	Maître de Recherche	Higher Institute of Environmental Sciences, CAMEROUN <b>e-mail : z.tchoundjeu@cgiar.org</b>
51	<b>TSAGUE</b> <i>Louis</i>	Maître Assistant des Universités Membre du Conseil Scientifique et Technique du RAPAC	Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, CAMEROUN <b>e-mail : tsaguel@yahoo.fr</b>
52	<b>TUMWESIGYE</b> <i>Wycliffe</i>	Senior Lecturer	Kitabi College of Conservation and Environmental Management, RWANDA <b>e-mail : wtum2012@gmail.com</b>
53	<b>ZAPFACK</b> <i>Louis</i>	Maître de Conférences des Universités	Faculty of Science, Department of Plant Biology, University of Yaounde I, CAMEROON <b>e-mail : lzapfack@yahoo.fr</b>

## SOMMAIRE

<i>EDITORIAL</i>	<b>P. 3-4</b>	<i>NOTES TECHNIQUES</i>	
<i>COMITE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE</i>	<b>P. 5-6</b>		
<i>COMITE DE LECTURE</i>	<b>P. 7-10</b>		
<i>ARTICLES SCIENTIFIQUES</i>			
<i>Evaluation de l'impact de la correction atmosphérique sur la précision globale de la cartographie de l'occupation du sol par télédétection</i>	<b>P. 12-21</b>	<i>Entre production nationale et importation, les enjeux du déficit de la production de l'huile de palme au Cameroun</i>	<b>P. 62-73</b>
<i>Selective logging and shifting cultivation practices significantly reduce ectomycorrhizal inoculum potential of humid forest soils of South Cameroon</i>	<b>P. 22-35</b>	<i>Corridors d'extractivisme dans une région enclavée et leurs contributions au développement local : cas de l'arrondissement de Ngoyla (Région de l'Est, Cameroun)</i>	<b>P. 74-84</b>
<i>Potentiel de stockage de carbone des agro forêts du versant oriental des monts Bamboutos dans les Hautes Terres de l'Ouest du Cameroun</i>	<b>P. 36-49</b>	<i>Valorization of production techniques and marketing strategies for edible oyster mushrooms in Cameroon</i>	<b>P. 85-94</b>
<i>Defining spatiotemporal structure of vegetation anomaly in Cameroon in relationship with rainfall between 2000 and 2013 using remote sensing data</i>	<b>P. 50-61</b>	<i>SYNTHÈSES DE THÈSES ET DE MEMOIRES</i>	
		<i>Contribution à la mise en place d'un système de management environnemental au sein de l'Unité Spécialisée de Briques Cuites de Nkolbisson dans la Région du Centre au Cameroun</i>	<b>P. 95-97</b>
		<i>NOUVELLES</i>	<b>P. 99-109</b>
		<i>SUGGESTIONS DE LECTURE</i>	<b>P. 110-111</b>
		<i>DIRECTIVES AUX AUTEURS</i>	<b>P. 112-116</b>
		<i>AUTHORS GUIDELINES</i>	<b>P. 117-121</b>



**Union Africaine (U.A.)**  
**AFRICAN UNION**



*La formation au cœur  
de la gestion durable*

Extrait de l'AGENDA 2063 Version Populaire, Edition finale, Avril 2015

*« Une Afrique intégrée, prospère et pacifique, dirigée par ses propres citoyens, et représentant une force dynamique sur la scène mondiale. »*

## Evaluation de l'impact de la correction atmosphérique sur la précision globale de la cartographie de l'occupation du sol par télédétection

Tiomo Dongfack E.<sup>1</sup>, Matsaguim N.C.A.<sup>2</sup> et Tsafack Ngoufo S.<sup>2</sup>

(1) Département de Géographie - Aménagement - Environnement, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Dschang, Cameroun / e-mail : tiomoemmanuel2008@yahoo.fr

(2) Département de Géographie, Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines, Université de Yaoundé I, Cameroun

DOI : <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.4699510>

### Résumé

Les conditions atmosphériques au-dessus d'une région perturbent le rayonnement émis par la surface du sol en direction de l'atmosphère et qui est enregistré par les capteurs des satellites. Il est donc recommandé de corriger les images satellites afin d'éliminer ces perturbations avant toute analyse. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de la correction atmosphérique sur la précision globale de la classification et de comparer son effet sur les performances de différents algorithmes de classification. Trois (3) modèles de correction atmosphérique ont été testés : Dark Object Subtraction (DOS) ; Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH) et Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS) sur une image Landsat OLI 8 prise au-dessus de la région montagneuse de l'Ouest Cameroun. Trois (3)

algorithmes de classification (Maximum de Vraisemblance - MV, Forêt d'Arbres Décisionnels - FAD et Machine à Vecteurs de Support - MVS) ont été utilisés pour classer les différentes images.

Les résultats montrent que la correction atmosphérique de l'image satellite utilisée dans cette étude n'est pas nécessaire, car elle n'apporte aucune amélioration du niveau de précision de la classification. Bien au contraire, elle conduit dans le cas du modèle LEDAPS à affecter négativement les performances des algorithmes de classification MV et MVS. Par conséquent, dans le cadre d'une étude qualitative portant sur une seule image satellite, la correction atmosphérique ne devrait pas être exécutée sans se rassurer du gain significatif de précision qu'elle apporte concernant la classification de l'image.

**Mots Clés :** Télédétection, Cartographie, Correction Atmosphérique, Ouest Cameroun, Précision Globale

### Abstract

Solar radiation is affected by absorption and emission phenomena during its downward trajectory from the Sun to the Earth's surface and during the upward trajectory detected by satellite sensors. This leads to distortion of the ground radiometric properties (reflectance) recorded by satellite images which needs to be corrected using atmospheric correction models. The objective of this paper is to evaluate the impact of atmospheric correction on the overall accuracy of classification, and to compare its effect on the performance of different classification algorithms. Three (3) atmospheric correction models were tested: Dark Object Subtraction (DOS); Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH) and Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS) on a Landsat OLI 8 image taken over

the mountainous region of West Cameroon. Three (3) classification algorithms (Maximum Likelihood - ML, Random Forest - RF and Support Vector Machine - SVM) were used to classify the different images.

The results show that the atmospheric correction of the satellite image used in this study is not necessary, as it does not improve the level of accuracy of the classification. On the contrary, it leads in the case of the LEDAPS model to negatively affect the performance of the ML and SVM classification algorithms. Consequently, in the context of a qualitative study of a single satellite image, the atmospheric correction should not be carried out without checking the significant gain in accuracy that it brings with regard to the classification of the image.

**Keywords :** Mapping, Remote Sensing, Atmospheric Correction, West Cameroon, Overall Accuracy

### 1. Introduction

La télédétection est un moyen de collecter des

données à la surface du globe sur de larges étendues. Les images satellites qui en résultent sont une saisie

instantanée de l'état des objets à la surface de la Terre. Cependant, afin d'extraire une information pertinente de ces images, il est souvent nécessaire de procéder à leur traitement préalable pour les débarrasser d'erreurs inhérentes à la méthode de collecte des données. Ces erreurs peuvent être source de confusions et de mauvaises interprétations sur le type et/ou l'état des objets présents. A cet effet, l'une des principales sources d'erreurs est la condition atmosphérique dont la composition chimique, au moment de l'enregistrement par les capteurs du satellite du rayonnement émis par les objets présents à la surface, perturbe plus ou moins sévèrement ce rayonnement (Song C. et al., 2001).

Afin de corriger cette perturbation liée à l'atmosphère, différents modèles de correction ont été développés permettant d'estimer les valeurs réelles de réflectance des objets (Gilabert M.A. et al., 1994 ; Chavez P.S.Jr., 1996 ; Moore G.F. et al., 1999 ; Liang S. et al., 2001 ; Bernstein L.S. et al., 2004 ; Yu-Hwan A. et Shanmugam P., 2004 ; Lavender S.J. et al., 2005 ; Mahmoud E.H. et al., 2008 ; Vermote E.F. et Kotchenova S., 2008 ; Tyagi P. et Bhosle U., 2011 ; Bernstein L.S. et al., 2012). Un certain nombre de ces modèles (Gilabert M.A. et al., 1994 ; Chavez P.S.Jr., 1996 ; Moore G.F. et al., 1999 ; Liang S. et al., 2001 ; Bernstein L.S. et al., 2004 ; Bernstein L.S. et al., 2012) ont en commun de ne pas requérir des données in-situ lors de leur utilisation, ce qui en facilite la généralisation. Cependant, il se pose la question de la nécessité de procéder systématiquement à cette correction comme préalable à l'analyse d'images satellites. De plus, face à cette diversité de modèles de correction atmosphérique, il se pose également le problème de celle du choix du modèle.

En ce qui concerne la nécessité de procéder ou pas à cette correction comme étape préalable à l'analyse des images satellites, Song C. et al. (2001) relèvent que cela dépend de l'image satellite disponible, de l'information recherchée et des méthodes d'analyse utilisées pour extraire cette information. Pour ces auteurs, la nécessité de cette opération serait donc fonction de l'objectif de l'analyse. En effet, ils relèvent que dans la plupart des analyses qualitatives, visant à classifier une image satellite notamment, la correction atmosphérique n'est pas nécessaire tant que les valeurs radiométriques des données d'entraînement et celles de l'image à classifier ont la même échelle de grandeur. Cependant, dans le cas contraire, ou lors

d'une analyse multitemporelle impliquant plusieurs images prises dans des conditions atmosphériques différentes, cette étape est obligatoire. Il en est de même dans le cas des études quantitatives comme le monitoring des cultures à partir d'estimations par images satellites, des indices biophysiques et/ou des variables bioclimatiques (Hadjimitsis D.G. et al., 2010).

Pour ce qui est du choix du modèle de correction à utiliser, il ressort d'un certain nombre de travaux qu'il est nécessaire de tester chacun compte tenu de la zone d'étude et des images satellites utilisées. A cet effet, de nombreuses études comparatives ont été menées afin d'évaluer les impacts des différents modèles sur (i) la précision de la classification de l'image (Mahiny A.S. et Turner B.J., 2007) ; (ii) le calcul des indices de végétation et autres paramètres biophysiques (Hadjimitsis D.G. et al., 2010 ; Nguyen H.C. et al., 2015 ; López-Serrano P.M. et al., 2016) ; (iii) l'estimation des valeurs de réflectance au sol (Gou Y. et Zeng F., 2012 ; Ju J. et al., 2012 ; Nazeer M. et al., 2014 ; Marcello J. et al., 2016 ; Cetin M. et al., 2017 ; Martins V.S. et al., 2017 ; Rani N. et al., 2017 ; Wang D. et al., 2019).

Parmi les différentes études susmentionnées, les principaux modèles évalués se regroupent en deux catégories. La première concerne les modèles basés sur l'image satellite elle-même tels le Dark Object Subtraction (DOS), le Cosine of the sun zenith angle (COST) et le Quick Atmospheric Correction (QUAC). La seconde concerne les modèles plus complexes qui prennent en compte la théorie des transferts radiatifs tels le Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH), le Atmospheric CORrection (ATCOR) et le Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum (6S). Si tous ces modèles permettent de réduire les perturbations atmosphériques et améliorent la qualité visuelle des images, leur impact sur la précision de la classification est plutôt mitigé. Aucun modèle ne ressort comme supérieur aux autres quel que soit la zone d'étude, le type d'image, les algorithmes de classification et/ou les classes retenues pour la classification (San B.T. et Suzen M.L., 2010 ; Martins V.S. et al., 2017 ; Siregar V.P. et al., 2018 ; Yusuf F.R. et al., 2018). Cependant, il semble que les modèles de la seconde catégorie, et plus particulièrement celui 6S, sont plus performants que ceux de la première en ce qui concerne l'estimation des valeurs de réflectance des

objets à la surface (Norjamäki I. et Tokola T., 2007 ; Nguyen H.C. et al., 2015 ; López-Serrano P.M. et al., 2016 ; Marcello J. et al., 2016). Cet avantage est par contre atténué par la difficulté qui existe dans la mise en œuvre d'un certain nombre de ces modèles qui requièrent de disposer de données in-situ collectées au moment du passage du satellite au-dessus de la zone étudiée (Cui L. et al., 2014). Dès lors, il semblerait que la correction atmosphérique dans le cadre d'une analyse qualitative sur une seule image satellite peut être facultative à partir du moment où celle-ci aurait été prise dans des conditions atmosphériques satisfaisantes : bonne illumination, faible humidité de l'air, faible concentration des aérosols dans l'air, faible couverture nuageuse. Cela serait valable qu'importe la zone d'étude ou l'algorithme de classification utilisé.

L'objectif de l'étude est donc d'évaluer l'impact de la correction atmosphérique sur la précision globale de la classification et de comparer son effet sur les performances de différents algorithmes de classification dans le cadre d'une analyse qualitative.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1. Matériel

#### 2.1.1. Zone d'étude

Notre zone d'étude se situe dans la partie occidentale

du Cameroun à savoir la Région administrative de l'Ouest qui s'étend entre 4,8° et 6,3° de latitude Nord et entre 9,4° et 11,7° de longitude Est (figure 1). Elle fait partie de la zone dite des Hautes Terres de l'Ouest Cameroun. Son altitude par rapport au niveau de la mer varie entre 242 m et 2 737 m. La partie occidentale de cette région est celle où l'altitude est la plus élevée (>1 000 m). Les pentes y sont généralement assez fortes (>25%). La partie orientale quant à elle se caractérise par une topographie généralement plane (<=12%) en dehors de quelques zones où elle est relativement accidentée donnant lieu à des pentes supérieures à 25% (figure 1). La Région de l'Ouest Cameroun est une région anciennement et densément peuplée où l'agriculture représente la principale activité économique, notamment dans sa partie occidentale (Dongmo J.L., 1981). Par conséquent, le couvert végétal y est dominé principalement par les plantes cultivées. La végétation naturelle ne subsiste plus que dans des endroits difficilement exploitables.

#### 2.1.2. Outils

L'étude a essentiellement exploitée une image satellite qui provient du capteur Landsat Operational Land Imager (OLI)-8 acquise le 27 janvier 2018 à 09:32:22. Cette période correspond à la saison sèche dans notre zone d'étude. Durant cette saison qui

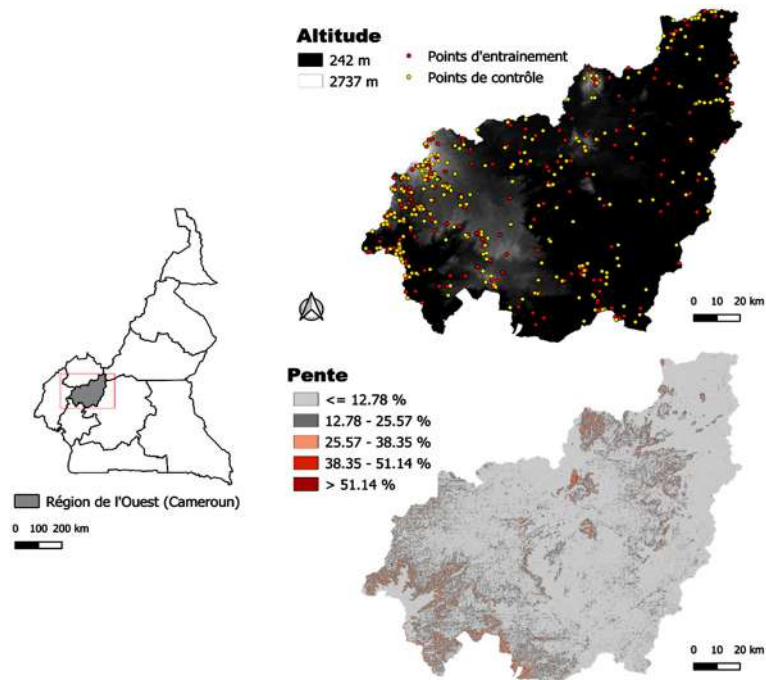


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude et des régions d'intérêts utilisées pour la classification

s'étend de décembre à la mi-mars, l'humidité de l'air et la nébulosité sont les plus faibles de l'année, tandis que l'insolation est la plus forte. Il s'agit de la scène 186/056 (PATH/ROW) d'une résolution spatiale de 30 x 30 m. Elle recouvre à plus de 95% notre zone d'étude. Elle est sans couverture nuageuse et a été prise dans des conditions d'illumination moyennes (élévation du soleil = 52,34° et azimut = 130,63°). Les bandes multispectrales et thermiques ont été utilisées pour l'étape de la classification.

## 2.2. Méthodes

### 2.2.1. Les algorithmes de classification et le choix des régions d'intérêt (ROI)

Deux grandes familles d'algorithmes de classification ont été retenues : ceux dits paramétriques et ceux dits semi-paramétriques. Les premiers s'appuient sur l'hypothèse que les valeurs de réflectance de chacune des classes définies suivent une loi normale. Ils requièrent dès lors qu'un grand nombre de ROI soit défini pour chacune des classes (Jensen J.R., 2015). Le principal algorithme de classification dans cette famille est le Maximum de Vraisemblance (MV) qui a été retenu. Les deuxièmes s'appuient sur les algorithmes semi-paramétriques et à cet effet, nous avons retenu les plus cités parmi ceux s'appuyant sur les principes de l'intelligence artificielle (la Forêt d'Arbres Décisionnels - FAD et la Machine à Vecteurs de Support-MVS).

Le MVS (Yang X., 2011) et la FAD se sont avérés très efficaces pour résoudre des problèmes de classification complexes, principalement parce que ces algorithmes ne nécessitent pas d'estimation de la distribution statistique des classes et ont la capacité de gérer une quantité ou une qualité limitée de ROI (Marcello J. et al., 2016). A cet effet, un total de 512 ROI a été défini pour 15 classes d'occupation du

sol retenues (tableau 1). Elles sont principalement localisées sur les secteurs à fortes pentes de la zone d'étude (figure 1).

### 2.2.2. Les modèles de correction atmosphérique

Dans cette étude, nous avons retenu 03 modèles de correction atmosphérique parmi ceux les plus cités dans la littérature et qui sont considérés comme donnant de bons résultats concernant les études qualitatives. Il s'agit des modèles :

#### • Dark Object Subtraction (DOS)

Selon Chavez P.S.Jr. (1996), en ce qui concerne les modèles de correction atmosphérique, celle optimale est celle qui se base uniquement sur l'image numérique et qui ne nécessite aucune mesure in situ sur le terrain pendant le survol du satellite. Le modèle DOS, qui se base strictement sur l'image, est une tentative de réaliser cette procédure idéale. Cependant, la précision quant à ce qui concerne l'estimation des valeurs réelles de réflectance n'est pas acceptable dans le cadre de la plupart des études quantitatives, principalement parce qu'il ne corrige que l'effet de diffusion additive et non l'effet de transmission multiplicative. Par contre, pour ce qui est des études qualitatives, cette estimation peut être considérée comme convenable (Song C. et al., 2001 ; Yusuf F.R. et al., 2018).

#### • Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH)

Le modèle FLAASH est un modèle de correction atmosphérique qui s'appuie sur l'algorithme MODerate-Resolution TRANsmittance (MODTRAN4). Il est utilisé pour éliminer l'influence de l'air et de la lumière, en supprimant les perturbations des paramètres de réflexion, d'émissivité, de température de surface et de réflexion

**Tableau 1 : Les différentes classes d'occupation du sol retenues**

N°	Classes	N°	Classes
1	Villes, Zone d'habitation, Infrastructures	9	Dépôt de sable
2	Cultures (vivrier, maraicher)	10	Zones humides mises en valeur (Agriculture)
3	Lacs / Retenues d'eau	11	Prairies / Pâturages
4	Cultures industrielles (Thé)	12	Raphiale / Végétation hygrophYTE
5	Végétation ligneuse peu dense	13	Zones humides non mises en valeur
6	Végétation ligneuse dominante et dense	14	Cours d'eau
7	Végétation mixte (arbres + herbes + sols nus)	15	Surfaces brûlées
8	Sols nus / Rochers / Carrières		

physique de la surface (Yusuf F.R. et al., 2018). Il se présente sous la forme suivante :

$$L = \left( \frac{A_p}{1 - \rho_e S} \right) + \left( \frac{B \rho_e}{1 - \rho_e S} \right) + L_a \tag{Eq. 1}$$

où  $\rho$  est la réflectance de surface,  $\rho_e$  est la réflexion des surfaces moyennes représentant les pixels et la région environnante,  $S$  est l'albédo sphérique de l'atmosphère,  $L_a$  est une réémission dispersée dans l'atmosphère,  $A$  et  $B$  sont des coefficients qui dépendent des conditions atmosphériques et géométriques mais pas de la surface. Les valeurs de  $A$ ,  $B$ ,  $S$  et  $L_a$  sont dérivées de l'algorithme MODTRAN4 basé sur l'angle du soleil et la moyenne de l'élévation de la surface du lieu d'enregistrement en utilisant l'hypothèse du modèle atmosphérique, du type d'aérosol et d'un certain niveau de visibilité.

**\* Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS)**

Le modèle Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS) a été développé par la NASA et l'Université du Maryland afin de convertir les comptes numériques (Digital Numbers - DN) des images Landsat TM et ETM+ de niveau 1 en valeurs de réflectance au sommet de l'atmosphère (TOA), puis d'y appliquer des corrections atmosphériques afin d'obtenir des valeurs de réflectance à la surface du sol. Ces corrections sont basées sur le modèle 6S utilisé par l'équipe scientifique terrestre du MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Le modèle LEDAPS se décompose en 6 modules afin d'exécuter les trois étapes clés suivantes :

- 1) convertir les DN en réflectance TOA ;
- 2) détecter les pixels correspondant à des nuages sur la base de la réflectance TOA ;
- 3) obtenir la réflectance à la surface du sol à partir de la réflectance TOA et de données auxiliaires (Schmidt G.L. et al., 2013).

Il s'agit d'un modèle de correction assez complexe qui semble particulièrement adapté pour les régions continentales (Nazeer M. et al., 2014). Nous avons utilisé la version 2 de ce modèle.

**3. Résultats**

**3.1. Impact de la correction atmosphérique sur la variabilité des valeurs de réflectance**

La conversion des comptes numériques en valeurs de réflectance au niveau du sol grâce à l'opération de correction atmosphérique permet en théorie

d'harmoniser la réflectance des objets à la surface. Les objets similaires de par leur nature et leur état physico-chimique devraient ainsi avoir des valeurs de réflectance assez proches. La correction atmosphérique devrait donc réduire l'intervalle de variabilité des valeurs de réflectance des objets, ce qui permettrait une meilleure séparabilité entre ces derniers au moment de la classification de l'image corrigée. La figure 2 ci-dessous présente les intervalles de variation des valeurs de réflectance de chacune des classes d'occupation du sol retenues dans le cadre de cette étude (tableau 1). Cet intervalle de variation a été obtenu en calculant la moyenne et l'écart-type de l'ensemble des ROI définies pour chaque classe. A titre d'illustration, seules les valeurs obtenues à partir de la bande 1 sont présentées. Il est ainsi possible de comparer entre-elles d'une part l'étendue et la position de chaque intervalle de variation défini pour chaque classe, et d'autre part l'influence des différents modèles de correction atmosphérique sur ces deux paramètres par rapport à ce qui est observé sur l'image de référence (image non corrigée).

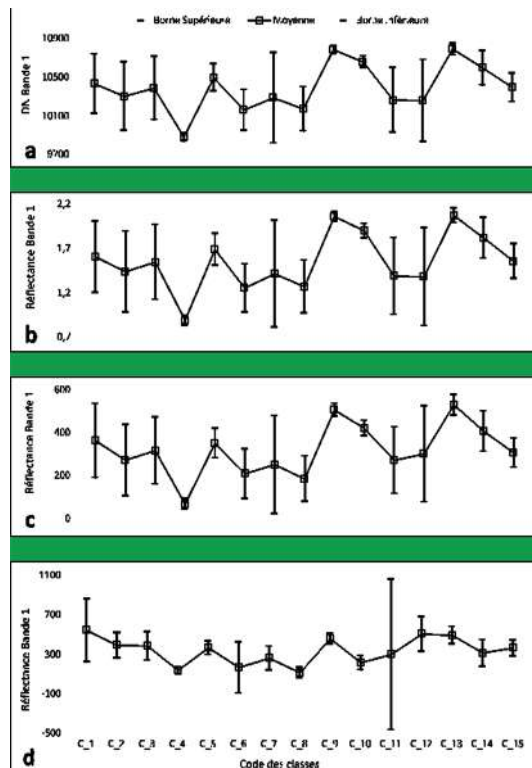


Figure 2 : Comparaison des intervalles de variation des valeurs de DN et de Réflectance des différentes classes d'occupation du sol pour l'image (a) non corrigée et celles corrigées des influences de l'atmosphère avec les modèles (b) DOS, (c) FLAASH et (d) LEDAPS



Il ressort de la figure 2 que les modèles de correction atmosphérique DOS (b) et FLAASH (c) n'ont quasiment aucune influence sur le positionnement des valeurs moyennes et sur l'intervalle de variation de chaque classe d'occupation du sol comparativement à ce qui est observé sur l'image non corrigée (a). Cela voudrait ainsi dire que la correction atmosphérique réalisée à partir de ces deux modèles n'a pas permis de restreindre l'intervalle de variation des différentes classes. En effet, c'est la même situation qui s'observe lorsque nous comparons les figures 2a et 2b, alors qu'elle est légèrement différente lorsque nous comparons les figures 2a et 2c. Nous observons une légère modification des valeurs moyennes ainsi que de l'intervalle de variation de certaines classes d'occupation du sol. Cela peut être dû au fait que le modèle de correction atmosphérique DOS ne prend uniquement en compte que les images satellites ; alors que celui FLAASH tient compte, en plus des images, d'un certain nombre d'autres paramètres. Une telle situation laisse suggérer qu'il pourrait n'exister aucune différence significative en ce qui concerne les résultats issus de la classification de ces différentes images.

Le modèle de correction atmosphérique LEDAPS est celui qui montre une nette différence dans la variabilité des valeurs de réflectance des différentes classes d'occupation du sol (figure 2d). Contrairement à ce qui est observé sur la figure 2a, le modèle LEDAPS (figure 2d) permet de réduire significativement la variabilité d'un certain nombre de classes (Végétation mixte - C\_7 et Végétation hygrophYTE-C\_8). Par contre, elle l'accroît significativement pour d'autres. C'est notamment le cas des Prairies/Pâturages (C\_11). En ce qui concerne la répartition des valeurs moyennes pour chacune des classes, cette différence entre l'image non corrigée et celle obtenue à partir du modèle LEDAPS se vérifie au niveau du tableau 2 qui présente les valeurs du coefficient de corrélation entre les valeurs moyennes de chaque classe issues des différentes images. La répartition des valeurs moyennes de réflectance issues du

modèle LEDAPS se démarque très distinctement de toutes les autres avec le coefficient le plus faible. Par contre, la similarité dans la répartition des valeurs des classes entre l'image non corrigée et celles issues des modèles DOS et FLAASH s'observe au niveau du tableau 2.

D'une manière générale, la figure 2 permet de se rendre compte que la plupart des classes d'occupation du sol ont des valeurs moyennes assez proches les unes des autres. De plus, elles possèdent une très grande variabilité du fait de la diversité des réponses spectrales au sein d'une même classe. Par conséquent, un grand nombre de classes ont des intervalles de variabilité qui se superposent soit en partie, soit totalement. Une telle configuration peut s'avérer problématique lors de l'opération de classification car elle suppose un faible niveau de séparabilité interclasse, soit un risque de confusion élevé. Cela peut être particulièrement vrai pour les algorithmes de classification qui s'appuient sur l'écart ou la proximité entre une valeur d'un pixel de l'image et le centre de gravité des différentes classes d'occupation pour sa classification.

### 3.2. Impacts de la correction atmosphérique sur la précision globale de la classification

Compte tenu de l'image satellite utilisée, il ressort d'une manière générale que l'impact des modèles de correction atmosphérique sur la précision globale de la classification est principalement une fonction de l'algorithme de classification utilisé et de la définition des ROI. Le tableau 3 compare les niveaux de précision (Précision Globale et Coefficient de Kappa) obtenus à partir de l'image non corrigée (image de référence) à ceux obtenus à partir de celles corrigées grâce aux différents modèles de correction retenus. Les algorithmes de classification sont classés par ordre décroissant selon le niveau de précision obtenu sur l'image non corrigée de l'influence de l'atmosphère. Nous constatons que :

- d'une manière générale, la correction atmosphérique n'a quasiment aucun impact sur le

**Tableau 2 : Matrice de corrélation des valeurs moyennes de chaque classe d'occupation de sol pour les différentes images**

	Non corrigée	DOS	FLAASH	LEDAPS
Non corrigée	1			
DOS	1	1		
FLAASH	0,99	0,99	1	
LEDAPS	0,55	0,55	0,66	1

**Tableau 3 : Comparaison de la précision globale de la classification obtenue sans et avec la correction atmosphérique**

		Non corrigée	DOS	FLAASH	LEDAPS
<b>Forêt d'Arbres Décisionnels (FAD)</b>	Précision globale	85,58	84,67	85,17	84,73
	Coefficient de kappa	0,79	0,78	0,79	0,78
<b>Machine à vecteurs de support (MVS)</b>	Précision globale	78,56	79,95	78,18	72,12
	Coefficient de kappa	0,70	0,72	0,70	0,63
<b>Maximum de vraisemblance (MV)</b>	Précision globale	66,31	65,71	66,34	62,59
	Coefficient de kappa	0,56	0,56	0,56	0,53

niveau de la précision globale de la classification ;

- l'impact des modèles de correction atmosphérique varie selon l'algorithme de classification ;
- les niveaux de précision globale de la classification obtenus en utilisant l'image non corrigée sont dans l'ensemble légèrement plus satisfaisants que ceux obtenus à partir des images corrigées.

Dans le détail, nous constatons que l'algorithme de classification FAD est celui qui assure une meilleure classification sur l'ensemble des images avec des niveaux de précision de l'ordre de 85% (tableau 3). L'impact des différents modèles de correction atmosphérique est nul. Cet algorithme de classification est peu influencé par les différentes opérations de correction atmosphérique, dans la mesure où, comme démontré à la figure 2 et au tableau 2, ces dernières modifient plus ou moins partiellement la répartition des valeurs de réflectance au sein des différentes classes d'occupation du sol qui ont été définies.

L'algorithme de classification MVS obtient des niveaux de précision globale de la classification inférieurs à ceux obtenus avec l'algorithme FAD (tableau 3). Contrairement à la situation précédente, l'algorithme MVS semble sensible au choix du modèle de correction atmosphérique. En effet, si l'utilisation des modèles de correction DOS et FLAASH n'impacte pas véritablement les résultats de la classification obtenus à partir de cet algorithme, la situation est légèrement différente en ce qui concerne ceux obtenus sur l'image corrigée grâce au modèle LEDAPS. Ce dernier a un impact négatif de l'ordre de 6% sur les performances de l'algorithme MVS. Cela est en partie dû au fait que le modèle LEDAPS a conduit à un accroissement important de la variabilité de certaines classes comme les Prairies. Cela a eu pour conséquence d'accroître le risque de confusion entre cette classe et les autres.

La situation décrite pour l'algorithme de classification MVS est similaire à celle observée pour l'algorithme MV (tableau 3). La seule différence concerne les niveaux de la précision globale de la classification qui sont les plus faibles. La grande variabilité des valeurs de réflectance observée au niveau de différentes classes d'occupation du sol (figure 2) peut en être l'une des raisons. Cela aurait ainsi eu un impact négatif sur les performances de cet algorithme qui s'appuie sur le calcul des probabilités pour classer les pixels d'une image satellite compte tenu de sa position vis-à-vis des centres de gravité des différentes classes.

#### 4. Discussion

Au vu des résultats, il ressort que dans le cas spécifique d'une étude qualitative visant à classifier une image satellite prise à une date donnée, l'étape de la correction atmosphérique n'est pas indispensable lorsque l'image satellite utilisée a été prise dans des conditions atmosphériques au moins comparables à celles de l'image utilisée dans cette étude. Il s'agit entre autres d'une faible humidité de l'air, de la nébulosité, de la concentration des aérosols dans l'air et d'une bonne illumination. Dans de telles conditions, la correction de l'image peut n'apporter aucune amélioration significative concernant la précision de la classification. Par ailleurs, en choisissant de corriger l'image satellite utilisée, il faut également bien choisir le modèle de correction.

Vu le grand nombre de modèles de correction qui existe, il importe de bien choisir celui à utiliser. Comme observé, il peut avoir un impact négatif sur les performances de l'algorithme de classification qui sera utilisé. De plus, il ressort de cette étude que le niveau de sophistication d'un modèle de correction atmosphérique n'implique pas nécessairement une meilleure séparabilité des objets et par conséquent, des niveaux de précision de la classification supérieurs comparativement à des modèles moins

complexes. Cette dernière observation rejoint celles déjà réalisées dans d'autres régions du monde.

En effet, dans la cadre d'une étude multitemporelle conduite dans la province de Guangdong en Chine, Song C. et al. (2001) comparent les performances de huit (8) modèles de correction atmosphérique. Ces auteurs constatent que si tous les modèles améliorent les résultats de la classification, celui le plus performant n'appartient pas à la catégorie des modèles les plus complexes. Au contraire, c'est le modèle DOS qui assure les meilleurs résultats. Cependant, cette amélioration des résultats de la classification reste faible. C'est également ce qu'observent Norjamäki I. et Tokola T. (2007).

Par contre, Rani N. et al. (2017) comparent les modèles QUAC et FLAASH, et montrent que le modèle FLAASH permet d'obtenir des niveaux de précision de la classification supérieurs au modèle QUAC. Siregar V.P. et al. (2018) montrent également que l'utilisation du modèle FLAASH permet d'améliorer les résultats de la classification à partir de l'algorithme de classification MVS d'une image SPOT-7 contrairement à ceux obtenus à partir de l'image non corrigée. Cependant, ces auteurs constatent que cette amélioration de précision n'est pas statistiquement significative au vue de la faible différence (7%).

Les travaux de Nazeer M. et al. (2014), López-Serrano P.M. et al. (2016), Martins V.S. et al. (2017) et de Wang D. et al. (2019) permettent de se rendre compte que chaque modèle de correction a des avantages et des désavantages en terme d'amélioration de la précision de la classification. Chaque modèle de correction atmosphérique affecte différemment la classification des différentes classes d'occupation du sol retenues pour classifier une image satellite donnée. A ce propos, Mather P.M. (1992) indiquait déjà qu'il n'existait aucun modèle de correction atmosphérique universel qui soit performant dans toutes les régions du globe et même sur l'ensemble des images satellite. Par conséquent, López-Serrano P.M. et al. (2016) recommandent que le choix du modèle de correction atmosphérique doit dépendre principalement d'une part des objectifs de l'étude, et d'autre part, de la capacité du chercheur à appliquer correctement le modèle de correction qu'il aura choisi. Ainsi, dans le cadre d'une étude qualitative unitemporelle, la correction atmosphérique ne devrait donc pas être exécutée sans se rassurer du gain significatif de

précision quelle apporte concernant la classification de l'image. Au vu des résultats, il existe le risque d'obtenir des résultats inférieurs à partir de l'image corrigée selon l'algorithme de classification qui a été utilisé.

## 5. Conclusion

L'évaluation de l'impact de la correction atmosphérique sur la précision globale de la classification d'une image satellite et sur les performances des algorithmes de classification, permet de constater que cette opération n'est pas nécessaire dans le cas où l'image satellite utilisée a été prise dans des conditions atmosphériques favorables. En effet, l'ensemble des trois modèles de correction atmosphérique évalués, ne conduit pas à une amélioration significative du niveau de la précision globale de la classification. Bien au contraire, certains ont une influence légèrement péjorative sur les performances des algorithmes de classification comme la Machine à Vecteurs de Support et le Maximum de vraisemblance. Ces résultats montrent que dans le cadre d'une étude qualitative sur une seule image satellite, la précision globale de la classification dépend davantage du choix de l'algorithme de classification d'une part, et d'autre part de la définition des régions d'intérêts.

## Références

- Bernstein, L.S., Adler-Golden, S.M., Sundberg, R.L., Levine, R.Y., Perkins, T.C., Berk, A., Ratkowski, A.J., Hoke, M.L. (2004).** A new method for atmospheric correction and aerosol property retrieval for VIS-SWIR multi- and hyperspectral imaging sensors: QUAC (QUick Atmospheric Correction), *Proceedings of the 2004 AVIRIS Workshop*, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California.
- Bernstein, L.S., Jin, X., Gregor, B., Adler-Golden, S.M. (2012).** Quick atmospheric correction code: algorithm description and recent upgrades, *Optical Engineering*, Vol. 51, No. 11, 111719.
- Cetin, M., Musaoglu, N., Kocal, O.H. (2017).** A comparison of atmospheric correction methods on Hyperion imagery in forest areas, *Uludag University Journal of The Faculty of Engineering*, Vol. 22, No.1, pp : 103-114. DOI: 10.17482/uumfd.308630
- Chavez, P.S.Jr. (1996).** Image-Based

- Atmospheric Corrections-Revisited and Improved, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 62, No. 9, pp : 1025-1036.
- Cui, L., Li, G., Ren, H., He, L., Liao, H., Ouyang, N., Zhang, Y. (2014).** Assessment of atmospheric correction methods for historical Landsat TM images in the coastal zone: A case study in Jiangsu, China, *European Journal of Remote Sensing*, Vol. 47, No. 1, pp: 701-716. DOI: 10.5721/EuJRS20144740
- Dongmo, J.L. (1981).** Le dynamisme Bamiléké (Cameroun). Volume I : la maîtrise de l'espace agraire, Yaoundé, *CEPER*.
- Gilabert, M.A., Conese, C., Maselli, F. (1994).** An atmospheric correction method for the automatic retrieval of surface reflectances from TM images, *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 15, No. 10, pp : 2065-2086.
- Gou, Y., Zeng, F. (2012).** Atmospheric correction comparison of SPOT-5 image based on model FLAASH and model QUAC, International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXIX-B7, pp : 7 – 11.
- Hadjimitsis, D.G., Papadavid, G., Agapiou, A., Themistocleous, K., Hadjimitsis, M.G., Retalis, A., Michaelidaciones, S., Chrysoulakis, N., Toullos, L., Clayton, C.R.I. (2010).** Atmospheric correction for satellite remotely sensed data intended for agricultural applications: impact on vegetation indices, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Vol. 10, pp : 89-95.
- Jensen, J.R. (2015).** Introductory digital image processing: a remote sensing perspective, USA, Pearson.
- Ju, J., Roy, D.P., Vermote, E., Masek, J., kovalskyy, V. (2012).** Continental-scale validation of MODIS-based and LEDAPS Landsat ETM+ atmospheric correction methods, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 122, pp : 175-184. DOI:10.1016/j.rse.2011.12.025
- Lavender, S.J., Pinkerton, S.H., Moore, G.F., Aiken, J., Blondeau-Patissier, D. (2005).** Modification to the atmospheric correction of SeaWiFS ocean colour images over turbid waters, *Continental Shelf Research*, Vol. 25, pp : 539 – 555.
- Liang, S., Fang, H., Chen, M. (2001).** Atmospheric Correction of Landsat ETM+ Land Surface Imagery - Part I: Methods, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 39, No. 11, pp : 2490 – 2498.
- López-Serrano, P.M., Corral-Rivas, J.J., Díaz-Varela, R.A., Álvarez-González, J.G., López-Sánchez, C.A. (2016).** Evaluation of radiometric and atmospheric correction algorithms for aboveground forest biomass estimation using Landsat 5 TM data, *Remote Sensing*, Vol. 8, 19 p. DOI:10.3390/rs8050369
- Mahiny, A.S., Turner, B.J. (2007).** A comparison of four common atmospheric correction methods, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 73, No. 4, pp : 361–368.
- Mahmoud, E.H., Bégué, A., Lafrance, B., Hagolle, O., Dedieu, G., Rumeau, M. (2008).** Relative Radiometric normalization and atmospheric correction of a SPOT 5 time series, *Sensors*, Vol. 8, pp : 2774-2791.
- Marcello, J., Eugenio, F., Perdomo, U., Medina, A. (2016).** Assessment of atmospheric algorithms to retrieve vegetation in natural protected areas using multispectral high resolution imagery, *Sensors*, Vol. 16, 1624, 18 p. DOI:10.3390/sl16101624
- Martins, V.S., Barbosa, C.C.F., de Carvalho, L.A.S., Jorge, D.S.F., de Lucia Lobo, F., de Moraes Novo, E.M.L. (2017).** Assessment of atmospheric correction methods for Sentinel-2 MSI images applied to Amazon Floodplain Lakes, *Remote Sensing*, Vol. 9, 23 p. DOI:10.3390/rs9040322
- Mather, P.M. (1992).** Remote sensing and geographical information systems. TERRA-1: understanding the terrestrial environment: the role of earth observations from space, *Washington DC: Taylor & Francis*.
- Moore, G.F., Aiken, J., Lavender, S.J. (1999).** The atmospheric correction of water colour and the quantitative retrieval of suspended particulate matter in Case II waters: application to MERIS, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 20, No. 9, pp : 1713-1733.
- Nazeer, M., Nichol, J.E., Yung, Y.-K. (2014).** Evaluation of atmospheric correction models and Landsat surface reflectance product in an urban coastal environment, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 35, No. 16, pp : 6271–6291, <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2014.951742>
- Nguyen, H.C., Jung, J., Lee, J., Choi, S.-U., Hong, S.-Y., Heo, J. (2015).** Optimal atmospheric correction for above-ground forest biomass estimation with the ETM+ remote sensor, *Sensors*, Vol. 15, pp : 18865-18886. DOI:10.3390/s150818865

- Norjamäki, I., Tokola, T. (2007).** Comparison of atmospheric correction methods in mapping timber volume with multitemporal Landsat images in Kainuu, Finland, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 73, No. 2, pp. 155–163.
- Rani, N., Mandla, V.R., Singh, T. (2017).** Evaluation of atmospheric corrections on hyperspectral data with special reference to mineral mapping, *Geoscience Frontiers*, Vol. 8, pp : 797 – 808.
- San, B.T., Suzen, M.L. (2010).** Evaluation of different atmospheric correction algorithms for EO-1 HYPERION imagery, International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Science*, Vol. XXXVIII, Part 8, pp : 392-397.
- Schmidt, G.L., Jenkerson, C.B., Masek, J., Vermote, E., Gao, F. (2013).** Landsat ecosystem disturbance adaptive processing system (LEDAPS) algorithm description, *U.S. Geological Survey Open-File Report 2013–1057*, 17 p.
- Siregar, V.P., Prabowo, N.W., Agus, S.B., Subarno, T. (2018).** The effect of atmospheric correction on object based image classification using SPOT-7 imagery: a case study in the Harapan and Kelapa Islands, IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science*, Vol. 176, 11 p. DOI :10.1088/1755-1315/176/1/012028
- Song, C., Woodcock, C.E., Seto, K.C., Lenney, M.P., Macomber, S.A. (2001).** Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects?, *Remote Sens. Environ.*, Vol. 75, pp .: 230–244.
- Tyagi, P., Bhosle, U. (2011).** Atmospheric correction of remotely sensed images in spatial and transform domain, *International Journal of Image Processing (IJIP)*, Vol. 5, Issue 5, pp : 564 – 579.
- Vermote, E.F., Kotchenova, S. (2008).** Atmospheric correction for the monitoring of land surfaces, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 113, D23S90, DOI:10.1029/2007JD009662.
- Wang, D., Ma, R., Xue, K., Loisel, S.A. (2019).** The assessment of Landsat-8 OLI atmospheric correction algorithms for inland waters, *Remote Sensing*, Vol. 11, No. 169, 23 p. DOI:10.3390/rs11020169
- Yang, X. (2011).** Parameterizing Support Vector Machines for Land Cover Classification, *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, Vol. 77, pp : 27-37.
- Yu-Hwan, A. et Shanmugam, P. (2004).** New methods for correcting the atmospheric effects in Landsat imagery over turbid (Case\_2) waters, *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 20, No. 5, pp : 289-305.
- Yusuf, F.R., Santoso, K.B., Ningam, N.U.L., Kamal, M., Wicaksono, P. (2018).** Evaluation of atmospheric correction models and Landsat surface reflectance product in Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia, IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science*, Vol. 169, 10 p. DOI :10.1088/1755-1315/169/1/012004

## Selective logging and shifting cultivation practices significantly reduce ectomycorrhizal inoculum potential of humid forest soils of South Cameroon

Onguene N.A.<sup>1</sup>

(1) Cameroon Nature-Environment/ Association des Volontaires du Changement Climatique, Yaoundé, Cameroun /e-mail : nereeo678@yahoo.fr

DOI : <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.4699508>

### Abstract

Ectomycorrhizal (ECM) associations are key biological engineers of soil biodiversity in temperate, boreal and tropical humid forests. They play key roles in ecological functioning, fungal diversity, worldwide economy, food provisions and carbon sequestration. Yet, they are threatened by rampant man-made disturbances. Hitherto, little information and few data are available on effects of selective logging and shifting cultivation practices in tropical forests on ECM inoculum potential (ECMIP). ECMIP was investigated in rainforest patches of South Cameroon and assessed in intact soil cores, by baiting two ecologically dissimilar tree species, *Tetraberlinia bifoliolata* and *Afzelia bipindensis*. ECMIP's assessment was carried out by fractional ECM colonization rate and mushroom surveys. It was only in undisturbed ECM forest clumps that nearly most ECM fungal morphotypes and more than 150 putative ECM fruitbodies were recorded. There were strong

fungal specificity differences in ECM fungal compositions among ECM forest clumps. While native *Amanita* and *Russula* fungi were abundant and frequent in "Ekop" forest clumps, they were virtually absent in *Gilbertiodendron dewevrei* forest clumps. Both selective logging and shifting cultivation practices completely eliminated soil ECM inoculum and ECM fruitbodies. *Afzelia* seedlings were colonized only in soils from the vicinity of ECM conspecific adult trees. *Tetraberlinia* seedlings were strongly colonized only in soils from ECM forest clumps. Seedlings of both tree species differed in fungal ECM colonization patterns owing to fungal specificity. Lack of ECMIP in soils from forestry practices and significant reduction of soil ECMIP in shifting cultivation practices adversely affected the conservation of soil ECMIP. Conservation of ECM forest clumps is recommended for ecologically sound forest management of tropical humid forests of the Congo Basin.

**Keyword :** *Afzelia bipindensis*, forest clumps, fungal specificity

### Résumé

Les associations ectomycorhiziennes (ECM) sont des ingénieurs biologiques majeurs de la biodiversité des sols des forêts tempérées, boréales et tropicales. Elles jouent des rôles dans le fonctionnement écologique, la diversité fongique, l'économie mondiale, l'approvisionnement en aliments et la séquestration du carbone. Cependant, elles sont menacées par les perturbations humaines rampantes. Jusqu'ici, peu d'informations et peu de données sont disponibles sur les effets des pratiques de coupe sélective de bois et d'agriculture itinérante sur brûlis sur le potentiel d'inoculum ectomycorhizien (PIEM) des forêts humides. Le PIEM a été investigué dans des parcelles de forêt humide du sud Cameroun et évalué dans des carottes de sol intactes, en piégeant deux espèces d'arbres écologiquement dissimilaires, *Tetraberlinia bifoliolata* et *Afzelia bipindensis*. Le PIEM a été évalué par le taux de

colonisation ECM fractale et des inventaires fongiques. C'est uniquement dans les peuplements forestiers équiennes (PFE) ECM non perturbés que presque la plupart des morphotypes ECM fongiques et plus de 150 carpophores ECM putatifs ont été collectés. Il y a eu une forte différence spécifique dans la composition des ECM fongiques entre les PFE ECM. Alors que les espèces de champignons des genres *Amanites* et *Russules* étaient abondantes et plus fréquentes dans les PFE à « EKOP », elles étaient virtuellement absentes dans les PFE à *Gilbertiodendron dewevrei*. Les deux pratiques de coupe sélective de bois et d'agriculture itinérante sur brûlis ont complètement éliminés le PIEM et les carpophores ECM. Les jeunes plants d'*Afzelia* n'ont été colonisés que par les sols collectés à proximité des arbres adultes conspécifiques. Les jeunes plants de *Tetraberlinia* n'ont

été fortement colonisés qu'avec des sols provenant des PFE ECM. Les plants des deux espèces d'arbres ont eu des modes de colonisation ECM différents en raison de la spécificité fongique. Le manque de PIEM dans les sols de pratiques forestières et la réduction significative du

PIEM par les pratiques d'agriculture itinérante sur brûlis influencent négativement la conservation du PIEM des sols. La conservation des PFE ECM est recommandée pour une gestion écologiquement viable des forêts tropicales humides du Bassin du Congo.

**Mots-clés :** *Afzelia bipindensis*, Peuplements forestiers équiennes, Spécificité écologique

## 1. Introduction

Sustainable functioning of tropical rain forest ecosystems depends on key ecological and biological processes that maintain soil fertility. These include carbon sequestration and organic matter decomposition, nutrient mineralization, carbon and water cycling and recycling, foraging and macrofungal grazing activities, and mycorrhizal activities. *Mycorrhizae* improve access to low available soil nutrients and water, and increase root resistance to soil pathogens for almost all terrestrial plants (Smith and Read, 1997; Bâ et al., 2012). Such key processes might be altered by deforestation resulting from logging and agricultural practices, if they lead to changes in species composition and disappearance. Decline in species richness of mycorrhizal fungi and a decrease in abundance of mycorrhizal propagules have been linked to changes in above-ground species diversity and altered ecosystem functioning (Perry et al., 1990; Janos, 1996). Yet, data on the impact of changes in land uses on mycorrhizal populations and dynamics remain scarce from tropical humid forests.

*Mycorrhizal* associations form the most widespread symbiotic relationships between roots of most vascular plants and both Basidiomycota and Ascomycota phyla of soil fungi (Smith and Read, 1997; Alexander and Selosse, 2009). Mutual fungal and plant partners benefit from each other from these mycorrhizal associations (Bâ et al., 2014; Jourand et al., 2014). The mutualistic fungi (Mycobiont) colonize the root system of a host plant, providing increased nutrient and water absorption capabilities and root bioprotection against soil pathogens while the plant (Phytobiont) provides the fungus with carbohydrates formed from photosynthesis and a secure habitat within the root cortex. Several other benefits have been reported viz. increased nitrogen uptake in Legumes, uptake of organic substrates by *Gnetum* lianas, alleviation of salt stresses, tree regeneration in Ultramafic soils and forest rehabilitation facilitation (Jourand et al., 2014; Onguene and Kuyper, 2003; Tambe, 2014).

Out of 7 types of mycorrhiza, the ectomycorrhizae predominate on forest trees and *Gnetum* lianas (Alexander, 1989; Amaranthus, 1998; Onguene and Kuyper, 2001; McGuire et al., 2013; Tambe, 2014). In past literature, it was thought that ECM associations prevailed merely in temperate and boreal forests. Recent findings revealed that ECM associations are widely distributed along the tropical humid forest corridor, from South-East Asia to the Neotropics, passing through the Congo Basin (Baohanta et al., 2014; Sanon et al., 2014; Onguene et al., 2018). They occur as “islands” in “ocean” of arbuscular mycorrhizal (AM) forests forming either monodominant or oligo-dominant grooves where they significantly contribute to forest basal area. Such ECM forests have been denoted in East, South, South-East and South-West regions of Cameroon, in Gabon and the “Forêt Claire” of the Miombo in RD Congo (Newbery et al., 1988; Buyck et al., 1994, 1996; Hart, 1995; Onguene et Kuyper, 2001, 2012; Eyi et al., 2011; Bâ et al., 2012; De Kesel et al., 2017, Kaumbu et al., 2021). In such settings, ECM associations are threatened by rampant deforestation due to illegal mining, climate change, selective logging and shifting cultivation practices.

In Northern hemisphere, selective logging or partial forest removal is the practice of cutting down a few species of trees while leaving the rest of the forest more or less intact and unharmed. In tropical forestry practices, it consists of harvesting isolated and selected valuable timber tree species above a threshold stem diameter with official prescriptions designed to maintain the forest cover density. Consequently, the forest is damaged with skid trails and woodlot parks devoid of vegetation for dozens of years. Although selective logging has a far less impact on forest processes than deforestation, selectively logged sites experience higher rates of forest fires, tree fall, changes in microclimate, soil compaction and erosion among other ecological impacts on soil and plant biodiversity and ecosystem functioning (Baar et al., 1999; Barlow et al., 2016; Khabarov et al., 2016).

Shifting cultivation is a form of family agriculture, used especially in tropical Africa, in which a small plot of forest land is cleared of vegetation by slash and burn at the onset of the dry season, followed by felling of large trees. During the raining season, the cleared plot is hand-hoed farmed and harnessed for two to three years, then abandoned to fallowing for several years to allow natural restoration of soil fertility. These anthropogenic activities lead to deforestation with induced serious negative consequences on terrestrial carbon sinks, balance of atmospheric greenhouse gases and soil biodiversity, particularly mycorrhizal fungal propagules.

Four major sources of *ectomycorrhizal* (ECM) fungal propagules prevail in forest soils viz. fruitbodies, spores, hyphae and sclerotia of ECM fragments, fragments of ECM mycelial strands (Bâ et al., 2012), constituting ECM inoculum. However, few data are available on impacts of selective logging and shifting cultivation practices on ECM inoculum potential (ECMIP) of rainforest soils. The objectives of this investigation were; (1) to assess changes in ECMIP during forest succession; (2) to determine the effects of selective logging and shifting cultivation practices on the ECMIP of humid forest soils of South Cameroon; and (3) to relate ECMIP to growth of two ecologically contrasted ECM timber tree species.

## 2. Material and Method

### 2.1. Materiel

#### 2.1.1. Study Area

The study was undertaken in the western portions of the Atlantic Biafrean forest of South Cameroon (Letouzey, 1985). The research area covered nearly 2000 km<sup>2</sup>. The climate is humid tropical with two distinct wet seasons and two dry seasons. Rainfall decreases in an easterly direction, with around 3000 mm in Kribi to nearly 1700 mm in Ebolowa. Soil texture ranges from sandy clay loam in the lowlands to very highly clayey in the hilly areas. Along the same gradient, pH and phosphorus availability decrease. Intensity of land use and consequently forest vegetation also change from the lowlands in the western parts to the hilly areas and plateaus in the eastern part of the area. In the lowlands only few fragments of undisturbed rain forests remained, and a large part of the forest was much degraded; in the hilly areas, late-secondary and undisturbed forests occurred more commonly. Within the research

area, three sites were selected in Ebimimbang (low elevation), Ebom (mid elevation), and Nyangong (high elevation).

Two types of mycorrhizal forests were sampled: *ectomycorrhizal* and *arbuscular mycorrhizal* (AM). ECM forest stands of the Detarioideae and Uapaceae tree species commonly occur in clumps where they tend to dominate the canopy (Onguene, 2000; Onguene and Kuyper, 2001; Onguene et al., 2018). Surrounding these clumps are old, predominantly AM forest stands. These stands sometimes constitute the rotational head of traditional shifting cultivation farms. Late-successional and undisturbed forest stands are given out as concessions or “vente de coupe” to logging companies. After exploitation, such stands are either colonized by the exotic weed *Chromolaena odorata* (L.) R.M King and H. Rob. or the early-successional tree *Musanga cecropioides* R.Br, after which other early-successional trees re-establish, forming early-successional or secondary

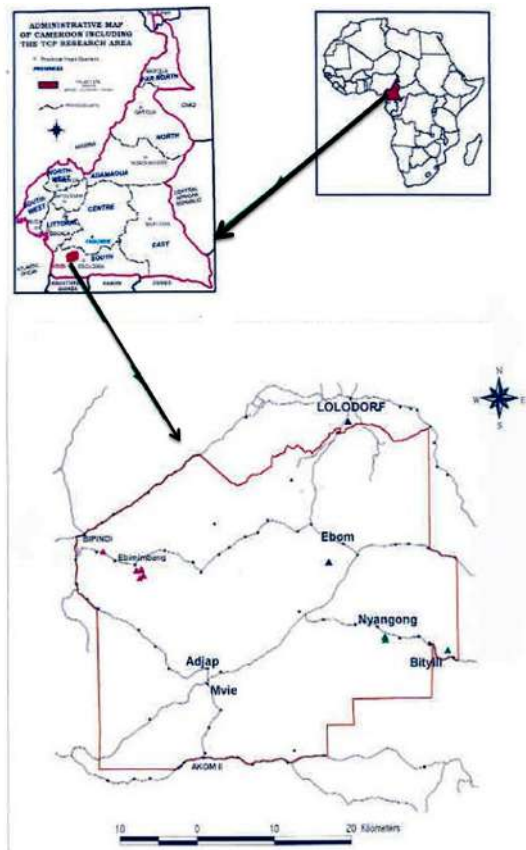


Figure 1: Map of localization of the research sites in portions of humid forests of South Cameroon



forest stands. In early-successional stands, most tree species are AM, but few isolated ECM trees could be found (Onguene and Kuyper, 2001). Age of undisturbed, late-successional and early-successional forest stands could not be accurately determined, due to lack of historical data on land and forest use. However, species composition, stem numbers, and basal area (the latter two parameters being inversely related during succession) can be used to infer their relative age. Data on forest vegetation in the area were provided by Van Gernerden et al (2003) and data on the mycorrhizal associations of the important tree species by Onguene and Kuyper (2001).

## 2.2. Soil sampling

In each site, nine 100 m<sup>2</sup> (10m x 10m) quadrats were selected in seven vegetation types (with different levels of disturbance), viz. (1) ECM forest clumps, (2) late-successional forest stands outside the crown projection of ECM clumps (LS), (3) early-successional forest stands, (4) agricultural fields of food crops with plantain (*Musa spp* (L.)), cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott), groundnut (*Arachis hypogea* L.), and cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) as the major crops, (5) *Chromolaena odorata* fallow, *Chromolaena* fallow with the liana *Gnetum* spp. Welw., and sites of forestry practices such as (6) skid trails and (7) bare landings. The presence of *Gnetum*, an ECM plant was considered important as this liana might provide ECM inoculum to facilitate the establishment of ECM seedlings in formerly agricultural fields. The vegetation types will hereafter be referred to as disturbance stages. Canopy dominance in ECM clumps varied with site: in Ebimimbang dominants were “Ekop” species (a collective pilot name for a number of species of Amherstieae tribe), in *Ebom Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.), and in Nyangong Uapaca and “Ekop” species.

In each quadrat, soil cores were collected at three spots, each 50 m apart. Relatively undisturbed, intact, about 4.2-4.5 kg (wet weight basis) cylindrical soil monoliths were collected by driving a 15 cm diameter x 45 cm long PVC tube into the ground with a hammer dropped from a constant height (10-20 cm) onto a flat steel plate, placed on top of the PVC tubes.

## 2.3. Experimental bioassays

Two native timber species, both belonging to the Detarioideae, were used for the bioassays.

*Tetraberlinia bifoliolata* Harms Troupin is an ECM tree (with very occasional AM structures: Moyersoer and Fitter, 1999) that is a valuable potential novel timber tree. *Afzelia bipindensis* Harms is a dual mycorrhizal tree (Newbery et al., 1988; Onguene and Kuyper, 2001) that provides a highly priced timber. Hereafter, the trees will be designated by their generic names only. *Tetraberlinia* occurred usually in ECM forest clumps together with other “Ekop” species, while *Afzelia* tree species usually grew isolated between AM trees and had not been observed in ECM clumps. Both tree species had large pods (10-20 x 5-8 cm) with a small number of large and heavy seeds; average seed size of *Tetraberlinia* was 20-30 x 15-25 x 5-7 mm and that of *Afzelia* 30-40 x 20-30 x 10-20 mm; average seed weight of *Tetraberlinia* was 1.5 g (0.8-2.7 g) and of *Afzelia* 11.5 g (6.2-17.4 g). Seedlings of both species possessed coarsely branched seedlings with few root hairs. Seeds were germinated for a week in steam-sterilized sand without pregermination treatment. One (1)-week old seedling of each tree was placed in a small hole in the centre of the soil core. Cores were placed on benches and grown under natural light conditions in a shade house in Kribi (02°57'N; 09°59'E) in a randomized complete block design, and watered every three days to maintain soils at field capacity. Soil cores did not receive nutrient amendments. Seedlings of *Tetraberlinia* and *Afzelia* were grown for five months. At harvest, shoots and roots were separated. Shoots were dried at 70°C for 72 hours and shoot dry weight subsequently determined. Root systems were cleared of soil debris by gently washing under a water flow, immersed in tap water, and observed under a dissecting microscope at 40x magnification. Fractional ECM colonization was assessed by the gridline intersect method (Brundrett et al., 1996; Agerer, 2001). Afterwards, portions of the root sample of *Afzelia* were stained with acid fuchsin and fractional colonization by AM fungi was assessed by the gridline intersects method (Hayman, 1970; Kormanik and McGraw, 1980).

## 2.4. Experimental design and statistical analysis

For *Tetraberlinia*, the experiment was a full factorial with two factors, site (3 levels) and disturbance stage (7 levels). Because of a limited number of seeds of *Afzelia*, a full factorial experiment was not possible. A smaller factorial experiment was executed with soils from three sites and three disturbance stages

(ECM forest clumps, late-successional forest stands, early-successional forest stands). For the Ebom site, where *Afzelia* was fairly common and widespread, soils from forestry practices, agricultural fields, and fallow were included but differentiated by fallow with and without *Gnetum*. We also investigated ECM inoculum potential of soils directly under *Afzelia* mother trees as positive controls. ECM fungal fruitbodies were scrutinized both in the fields and in the shade house along the disturbance stages.

The SPSS package (SPSS v.2020 Inc, 2014) was used for statistical analysis. Data were tested first for normality and homogeneity of variances using the Levene test in the one-way analysis of variance (ANOVA). Data on fractional ECM root colonization by *Tetraberlinia* contained many zeroes and did

not meet the requirements of normal distribution and homogeneous variances. Therefore the non-parametric Kruskal-Wallis test was applied. When the analysis was restricted to the three forested disturbance stages (ECM forest clumps, late-successional forest stands, early-successional forest stands) data of fractional ECM root colonization, after arc sin square root transformation, did meet the requirements for ANOVA. For *Afzelia*, fractional ECM colonization in soils from the three forested disturbance stages was very variable, resulting in variances that did not meet the requirement of homogeneity. Again, the non-parametric Kruskal-Wallis test was applied. For the Ebom soils, data did meet the assumptions for ANOVA after arc sin square root transformation. Data on AM colonization were also arc sin square root

**Table 1: Localization, elevation, rainfall and soil physico-chemical characteristics of research sites in portions of the Atlantic rain forest of South Cameroon**

Research sites	Ebimimbang	Ebom	Nyangong
Localization	3°02.67'N; 10°28.25'E	3°04.73'N; 10°41.24'E	2°58.11'N; 10°45.18'E
Altitude (m.a.s.l)	0 – 350	350 – 500	500 – 800
Rainfall (mm)	1556	1987	1677
Soil texture	Sandy	Highly clay	Highly clay
pH	5 – 6	4 – 5	3 – 4
Carbon (%)	1.70	2.30	3.28
Nitrogen (%)	0.11	0.14	0.20
C/N ratio	15,5	16,4	16,4
Phosphorus (µm/ml, soil)	0.01	0.005	0.002

**Table 2 : Two-way analysis of variance of site and disturbance stage on shoot dry weight of five-month old seedlings of *Tetraberlinia* and *Afzelia***

Source of variation	Df	F	p	Df	F	p
	<i>Tetraberlinia</i>			<i>Afzelia</i>		
Site	2	4.36	0.019*	2	13.2	0.000**
Disturbance stage	6	4.39	0.001**	2	0.7	0.529ns
Site x Disturbance stage	12	2.44	0.017*	4	3.3	0.036*

**Table 3 : Fractional ectomycorrhizal (ECM) colonization (measured as percent root length) of five-month-old seedlings of *Tetraberlinia* and *Afzelia* in function of three forest vegetation stages at three experimental sites**

Forest vegetation types	Ebimimbang		Ebom		Nyangong	
	<i>Tetraberlinia</i>	<i>Afzelia</i>	<i>Tetraberlinia</i>	<i>Afzelia</i>	<i>Tetraberlinia</i>	<i>Afzelia</i>
ECM forest clumps	48 <sup>bc</sup>	26	32 <sup>cd</sup>	0	81 <sup>a</sup>	13
Late-successional forests	28 <sup>d</sup>	22	12 <sup>e</sup>	5	52 <sup>b</sup>	34
Early-successional forests	4 <sup>f</sup>	1	0 <sup>f</sup>	11	20 <sup>de</sup>	0

transformed. Shoot dry weights of both species was square root transformed and analyzed by ANOVA. Average means were separated by Duncan's multiple range tests. Spearman's rank correlation coefficients between fractional ECM colonization, fractional AM colonization, and shoot dry weights were calculated for seedlings of both tree species.

### 3. Results

#### 3.1. Effects of disturbance stages on ectomycorrhizal inoculum potential

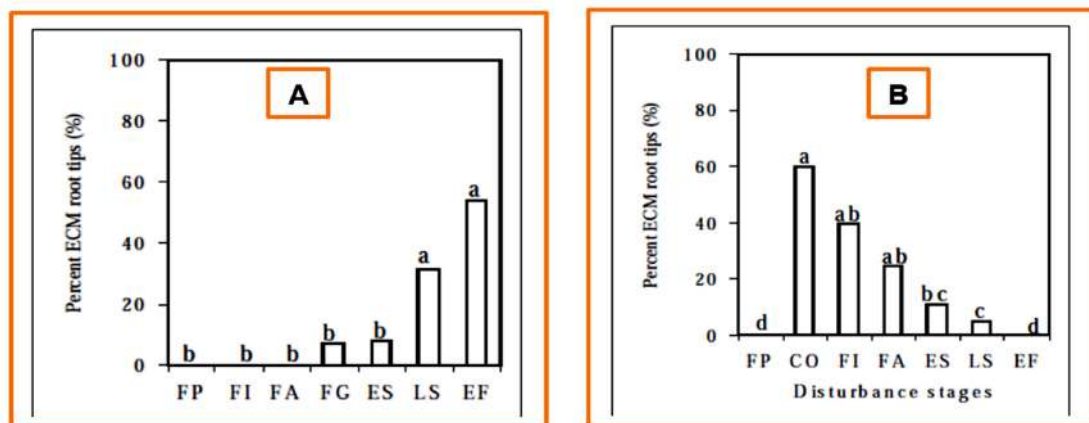
Non-parametric analysis of variance indicated that fractional *ectomycorrhizal* colonization of *Tetraberlinia* seedling roots was significantly influenced by disturbance stages ( $p < 0.001$ ), but not by site ( $p > 0.1$ ). Seedlings grown in soils from sites of forestry practices, agricultural fields and fallow without *Gnetum* remained devoid of ECM colonization. No ECM fungal fruitbodies were

recorded in disturbed sites. In soils from fallow with *Gnetum* from all three sites, roots of *Tetraberlinia* seedlings were lightly colonized to some extent. ECM colonization was highest in soils from ECM forest clumps (figure 2A). A two-way analysis of variance for fractional ECM colonization of only the three forest stands indicated that both site and disturbance stages were statistically significant, whereas the interaction was not (table 2). ECM inoculum increased during succession with ECM forest clumps showing a significantly higher ECM colonization than late-successional stands, and fractional ECM colonization being lowest in early-successional stands (figure 2A). Fractional ECM colonization was highest in soils from Nyangong and lowest in soils from Ebom (table 3).

Non-parametric analysis of variance indicated that *ectomycorrhizal* colonization of *Afzelia* seedling roots in soils from the three forest stands was significantly

**Table 2 : Two-way analysis of variance of site and disturbance stage on shoot dry weight of five-month old seedlings of *Tetraberlinia* and *Afzelia***

Source of variation	Df	F	p	Df	F	p
	<i>Tetraberlinia</i>			<i>Afzelia</i>		
Site	2	52.7	0.000**	2	15.6	0.553ns
Disturbance stage	6	88.9	0.000**	2	0.003	0.045*
Site x Disturbance stage	12	0.836	0.017*	4	1.31	0.403ns



**Figure 2: Ectomycorrhizal fractional colonization of *Tetraberlinia* (A) and *Afzelia* (B) seedlings grown in soils from different disturbance stages (average from three sites). Significant differences between disturbance stages (Mann-Whitney U-test;  $p < 0.05$ ) are indicated by different letters. Abbreviations are as follows: EF =ectomycorrhizal forest clumps; LS = late-successional forest stands outside the crown projection of ectomycorrhizal clumps; ES = early-successional forest stands FI = agricultural fields of food crops with plantain (*Musa* spp), cocoyam (*Xanthosomas esculenta*), groundnut (*Peanut hypogea*), and cassava (*Manihot esculenta*) as the major crops; FA = *Chromolaena odorata* fallows; FG = *C. odorata* fallows with the liana *Gnetum*; FP = sites of forestry practices such as skid trails and Bare landings**

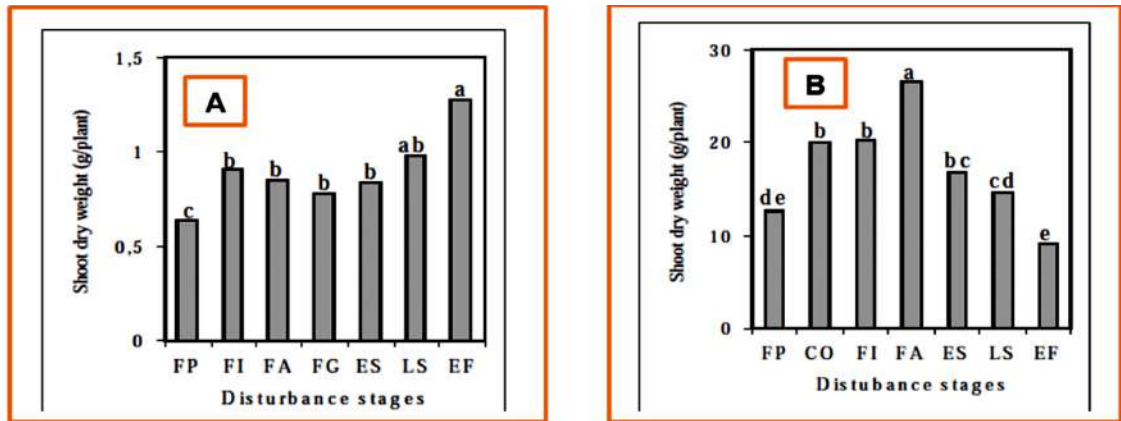


Figure 3: Shoot dry weights of *Tetraberlinia* (A) and *Afzelia* (B) seedlings grown in soils from different disturbance stages (Average from three sites). Significant differences between disturbance stages (Duncan's Multiple Range Tests;  $p < 0.05$ ) are indicated by different letters. Abbreviations are similar to figure 2.

influenced neither by site nor by disturbance stage ( $p > 0.1$ ). No or very little ECM colonization by native ECM fungi was observed in soils from a *Gilbertiodendron* forest clump of Ebom and in soils from early-successional forests from Ebimimbang and Nyangong (table 3). For the Ebom soils only, soil cores taken under a mature *Afzelia* tree resulted in the highest fractional ECM root colonization. Fractional ECM colonization was high in sites of agricultural practices (fields, fallow) and declined in soils from late-successional forest stages. In soils from forestry practices (Skid trails and bare landings) and ECM forest clumps, no fractional ECM colonization was observed (figure 2B). In the three forested disturbance stages, there was no correlation between ECM fractional colonization of *Tetraberlinia* and *Afzelia* seedling roots ( $r = 0.50$ ,  $n = 9$ ;  $p > 0.1$ ).

### 3.2. Effect of disturbance regimes on abundance and diversity of ectomycorrhizal fungi and fruitbodies

No *ectomycorrhizal* fruitbodies was observed in any disturbance stage in the three sites for three years of mushroom excursions (figure 2A). It was only in undisturbed ECM forest clumps that nearly 30 intact ECM fungal morphotypes (board 1, photos 1 to 6) and more than 150 putative ECM fruitbodies (board 2, photos 7 to 18) were identified. However, the consortia of native ECM fruitbodies differed among the four ECM forest clumps, in particular, *Amanita* fruiting bodies were nearly absent from *G. dewevrei* forest clumps conversely to other ECM forest clumps. Indigenous *Amanita* and *Russula* fruiting bodies were particularly abundant in "Ekop" forest clumps.

### 3.3. Arbuscular mycorrhizal inoculum in ectomycorrhizal forest clumps

In soil cores from *ectomycorrhizal* forest clumps, fractional arbuscular mycorrhizal colonization was almost always lower than 5%. Neither site and disturbance stage, nor the interaction were significant for the three forest stands (Data not shown). No colonization by AM fungi was observed in soil cores from neither forestry practices nor ECM forest clumps. Fractional colonization by ECM and AM fungi in *Afzelia* seedling roots was neither correlated for the range of disturbance stages of Ebom soils, nor for the three forest stands ( $p > 0.1$  in both cases).

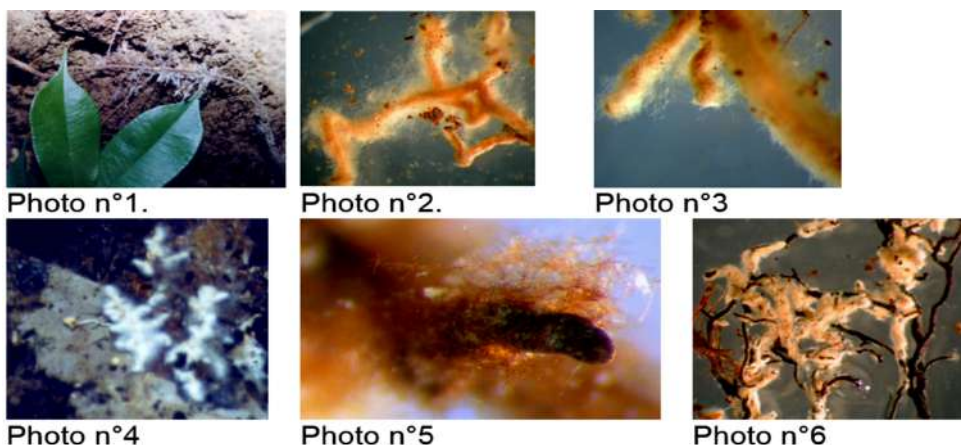
### 3.4. Effect of ectomycorrhizal inoculum on shoot dry weight

Shoot dry weight of *Tetraberlinia* seedlings was significantly affected by disturbance stage, site, and the interaction between both factors (table 5). Seedlings growing in soils from ECM forest clumps and late-successional forests outside clumps had largest dry weight, in soils from forestry practices the smallest weight was recorded (figure 3). Analysis of variance of shoot dry weight restricted to the three forest types yielded similar results. There was a significant low positive correlation between fractional ECM colonization and seedling dry weight ( $r = 0.324$ ;  $n = 63$ ;  $p < 0.01$ ). However, for the three forested disturbance types, fractional ECM colonization was not correlated with seedling weight ( $r = 0.175$ ,  $n = 27$ ,  $p > 0.1$ ). Shoot dry weight of *Afzelia* seedlings, grown in soils from the three forest types was significantly affected by site and

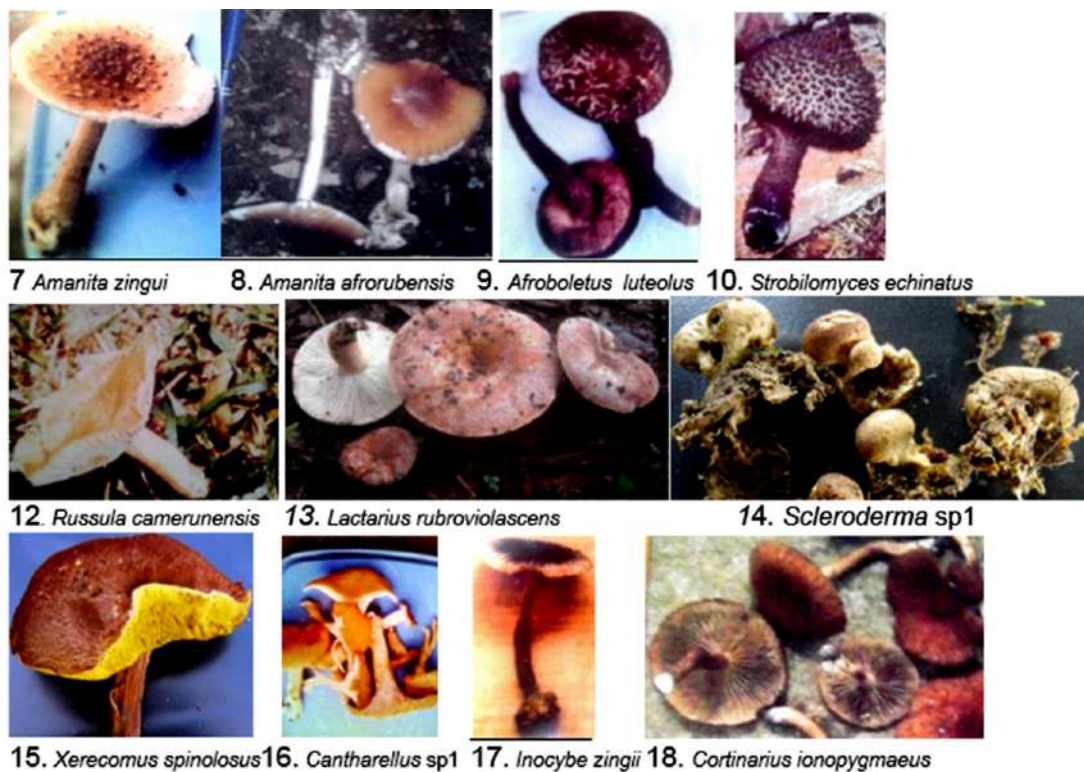
by the site x disturbance stage interactions, but not by disturbance stage (table 4). However, for the data set from Ebom, shoot dry weight was significantly affected by disturbance stage ( $p < 0.001$ ). Seedlings grown in soils from fallow had the highest bioweight, and seedlings grown in soils from forestry practices and from ECM forest clumps had the smallest bioweight (figure 3). For the Ebom soils, fractional

ECM colonization was significantly and positively correlated with seedling dry weight ( $r = 0.596$ ,  $n = 21$ ,  $p < 0.01$ ). However, for the three forested disturbance stages, fractional ECM colonization was not correlated with seedling dry weight ( $r = 0.163$ ,  $n = 27$ ,  $p > 0.1$ ).

Fractional arbuscular mycorrhizal colonization of *Vigna unguiculata* roots was not significantly



Board 1: Putative native ectomycorrhizae of root tips of selected ectomycorrhizal root tree species of humid forests of South Cameroon



Board 2: Putative ectomycorrhizal fungal carpophores of ectomycorrhizal forest clumps

correlated with seedling dry weight both for the Ebom soils and for the three forested disturbance types ( $p > 0.1$ ). Most soil cores did not produce abundant AM fungal colonization. AM colonization was detected in 56% (54 out of 96) soil cores from ECM forest clumps. Sparse AM colonization varied with sites; it was very low to low in clumps in Ebimimbang and Ebom, and completely absent in Nyangong. No AM colonization was observed in soil cores taken 5 m and 10 m away from the stem base of *Azelia*, *Brachystegia*, and *Paraberlinia*, but AM colonization was observed in soils from *Tetraberlinia* and varied from 2.5 to 22.5%.

#### 4. Discussion

##### 4.1. Ectomycorrhizal forest clumps are the only refuge stands of ectomycorrhizal inoculum potential including ECM fruitbodies

In humid forests of South Cameroon, the unique refuge stands of native *ectomycorrhizal* inoculum potentials are the five different types of ECM forest clumps, 1) “Ekop” oligo-dominants, 2) mixed “Ekop” and *Uapaca* oligo-dominants, 3) *Uapaca* monodominants, 4) *G. dewevrei* monodominants; and 5) *Microberlinia bisulcata* monodominants. The last ECM forest clumps occurred in Korup National Park, South-West Cameroon (Newbery et al., 1988). They are mutually associated with 25 tree species belonging to either *Detarioideae* or *Uapacaceae* (Newbery et al., 1988; Onguene et al., 2014, 2018). At least, 30 different ECM fungal morphotypes were recorded in ECM forest clumps with very low soil P availability. This high ECM fungal diversity might increase P uptake efficiencies by ECM host tree species under harsh soil conditions. For the European beech (*Fagus sylvatica* L.), similar observations of ECM tree species striving in low fertile soil conditions were recently made (Köhler et al., 2018). At the continental and Sub-Saharan regional scales, tropical ECM ecosystems are highly diverse and vary widely in ECM plant and fungal abundance, diversity, composition and phylogenetic affinities (Newbery et al., 1988; Buyck et al., 1997; Rivière et al., 2007; Abdala et al., 2010; Tedersoo et al. 2014). Both ECM trees and fungi also exhibit strong turnover along altitudinal and soil fertility gradients, suggesting niche differentiation among taxa. ECM fungi are often more abundant and diverse in sites with nutrient-poor soils, suggesting that ECM associations can optimize plant nutrition

and may contribute to the maintenance of tropical monodominant forests (Corrales et al., 2018). In this research area, four distinct ECM forest clumps were recorded showing strong development under very poor nutrient soils. In humid forest of South Cameroon, small to medium-sized forest clumps of *G. dewevrei* are the most common. Henceforth the regeneration niche is more likely to explain the widespread occurrence of “Islands” of ECM forest clumps within an “Ocean” of AM rainforests in humid forests of South Cameroon of the Congo Basin (Buyck et al., 1997; Newbery et al., 1997; Onguene, 2000).

##### 4.2. Selective logging and shifting cultivation practices are no guarantee for ectomycorrhizal inoculum potentials

Anthrogenic disturbances like selective logging and shifting cultivation practices are no guarantee for ECM inoculum potentials in tropical forestry and agriculture. Seedlings of both *Tetraberlinia* and *Azelia* were not colonized in soil cores from skid trails, woodlot parks, food farms and *Chromolaena* fallows, with the exception of *Gnetum* fallow’s soils, for only *Tetraberlinia* seedlings. It is clear from these data that ECM fungal propagules of mature trees are crucial for ECM colonization of ECM host saplings and consequently the survival of ECM host tree seedlings (Onguene and Kuyper, 2002) as similarly observed in rainforests of Upper Guinea (Thoen and Decouso, 1989; Rivière et al., 2007). Deforestation and conversion of forest land to agricultural uses have resulted in the loss of vast areas of lowland rain forest in Southeast Asia (Ingleby et al., 2000) and subsequent ECM biodiversity losses. It is most likely that lowland humid forests of South Cameroon run similar loss risks of ECM biodiversity following the coming decentralization and regionalization in Cameroon. Hence, future replanting programmes will be a priority in the agendas of local administrations in order to preserve the unique ECM biodiversity inoculum potentials and native ECM fruitbodies of rainforests of South Cameroon. Alexander et al. (1992), and Onguene and Kuyper, (2002) have shown that early colonization of naturally regenerating *Detarioideae* and *Dipterocarp* seedlings depends on mycelial connections made by the ECM fungi associated with adjacent mature trees. It has also been shown that ECM mycelial networks are particularly sensitive to disturbance (Read and Birch, 1988) and

that forest clearance leads to rapid depletion of these sources of ECM inoculum in the soil (Brundrett, 1991). For three years of observations, neither ECM inoculum nor ECM fruitbodies were detected in soils of skid trails, woodlot parks, Chromolaena fallows and food farms. In fallow lands invaded by *Chromolaena odorata* weeds, only fruitbodies of *Scleroderma sinnamariensis* Mont. were often observed during the dry seasons. They were never observed in ECM forest clumps or close to conspecific *Afzelia* adult trees in Ebom. However, other species of *Scleroderma* fungal strains were observed in ECM forest clumps (board 2, photo n°14), thereby suggesting tree fungal specificity in humid forests of South Cameroon.

#### **4.3. Tropical ectomycorrhizal associations also depict fungal specificity depending on types of ectomycorrhizal forest clumps**

During *ectomycorrhizal* ontogeny, mutualistic associations do not randomly occur: both symbionts choose one or more associated microorganisms among a complex population of rhizospheric microorganisms. In general, the ECM symbiosis does not seem strictly specific. ECM fungi  $\alpha$  diversity is a major factor contributing to root functioning under global change. In temperate forests, it has been hypothesized that plant specificity among ECM fungi would be common in a closed *Pinus* canopy forest conversely to early-successional forest (Culling et al., 2011). This suggests the low fractional arbuscular mycorrhizal reported in this work in *Afzelia* seedling roots. These results are also in agreement with those of Djotan et al. 2020 who reported AMF in roots of *Afzelia africana*, *Entada africana*, and *Pterocarpus erinaceus* in Benin, using morphological and molecular analyses. Consortia of indigenous ECM fruitbodies of *G. dewevrei* differed from those of “Ekop” and Uapaca forest clumps, depicting really fungal specificity in tropical rainforests of South Cameroon. *G. dewevrei* forest clumps strikingly lacked *Amanita* fungal species. In temperate and boreal forests, high affinities have also been noticed between many *Betulaceae* and some *Suillus* and *Leccinum* genera, or some *Lactarorussulaceae*, or *Hygophoraceae* (Guillot, 1997). In humid forests of South Cameroon, fungal specificity appears dependent on clumpiness of host ECM tree species. This information is crucial for ECM tree regeneration programmes. However, more research is still needed

to elucidate the diversity patterns of native ECM fungi and trees in humid forests of the Congo Basin, a hotspot biodiversity, and to clarify the roles of ECM symbioses on ECM tree regeneration, nutrient and carbon cycling, and climate change.

#### **4.4. In tropical acid soils of rainforests, ectomycorrhizal inoculum exerts a negative feedback on arbuscular mycorrhizal inoculum.**

A basic tenet in ecology is that negative feedbacks on abundance play a crucial role in the coexistence of species within guilds (Bever, 2000). Basal area of ECM *Ceasalp* tree species varied from 80% to 100% in ECM forest clumps (Newbery et al. 1997; Onguene and Kuyper, 2001). In shade house experiments with intact soil cores from ECM forest clumps close to four different ECM tree species, AM root colonization of *V. unguiculata*, a highly AM mycorrhizal plant, was always very low to null. Hence, positive phylogenetic plant-soil feedbacks for ECM tree species in low fertile soils are coupled with negative feedbacks for AM tree and plant species, thereby, explaining clumpiness of ECM tree species in humid forests. Family dominance has also been noted for *Dipterocarpaceae* in South-East Asia (Whitmore, 1984; Richards, 1996). Differences in plant-soil feedbacks may stem from variation among AM and ECM fungi in host specificity dispersal ability, enzymatic capacities and interactions between soil pathogens and nutrients (Brunson and Shefferson, 2004; Morris et al., 2007; Hoeksema et al., 2010). Thus, while AM and ECM symbioses are both expected to be more beneficial to host trees and plants in low fertile soils that prevail in the Tropics, these benefits should be greater for ECM-hosting tree and liana species because ECM fungi have greater capacity to access nutrients bound in plant litter of nutrient-depleted soils (Read and Perez-Moreno, 2000), since they evolved from saprotrophic ancestor. ECM associations show more positive feedbacks than AM ones in particular forest ecosystems. Therefore, positive feedbacks shape monodominance while negative feedbacks determine diversity in tropical rainforests.

#### **4.5. Ectomycorrhizal inoculum differently influences seedling growth depending on phylogenetics**

Numerous examples depict that *ectomycorrhizal* inoculation improves growth of ECM seedlings in nurseries and in the fields (Smith and Read, 2008). Different fungal associations do not provide the

same benefit to the host. A pronounced variability in response depending on the nature of the fungal–plant association has been observed (Chalot et al., 1988; Guehl et al. 1990). Yet, correlations between ECM colonization and seedling growth of this study were contrasted. For the clumping ECM *Tetraberlinia* seedlings, there was no correlation conversely to ECM *Afzelia* non-clumping. Considerable data on ECM fungi and their effects on plant growth and nutrient uptake have been purported under various ecological conditions (Castellano and Molina, 1989; Roldan et al. 1996; Garbaye and Churin 1997). Thus, for successful tree regeneration, it is essential for controlled mycorrhization in nurseries that tree seedlings be inoculated with ECM fungi that are ecologically adapted to the tree species and the replanting sites. In this study, it seems clear that reforestation with *Tetraberlinia* seedlings will require fine soil and root samples from ECM clumps forests while for *Afzelia* seedlings, inoculum will be collected in the vicinity of conspecific *Afzelia* adult trees. It is recommended that adult *Afzelia* trees which occur within secondary forests and fallow lands close to villages be protected as sources of ECM inoculum.

## 5. Conclusion

The results of this study show that in humid forests of South Cameroon, *ectomycorrhizal* inoculum potentials including native ECM fruitbodies are found only in ECM forest clumps. Selective logging and shifting cultivation practices are no guarantee for ECM inoculum potentials since both significantly eliminate or reduce ECMIP. Tropical ECM associations equally depict fungal specificity depending on types of ECM forest clumps with *Amanita* fruiting bodies almost absent from *G. dewevrei* clumps. In tropical acid soils of rainforests, ECM inoculum exerts a negative feedback on AM inoculum. If most ECM tree species behave similarly to *Tetraberlinia*, conservation of forest patches and clumps where these tree species occur is urgently needed, including their regeneration requirements.

## Acknowledgements

The Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) and the Netherland Organization for the Advancement of Science (NWO) are acknowledged for financial support as well as anonymous reviewers.

## References

- Abdala, D.G., Seloosse MA., Galiana A et al. (2010).** Multi-host ectomycorrhizal fungi are predominant in a Guinean tropical rainforest and shared between canopy and seedlings. *Environ. Microbiol.* Online publications Environmental Microbiology 12(8), 2219-2232
- Agerer, R. (1995).** Anatomical characteristics of identified ectomycorrhizas: an attempt towards a natural classification. in: A.K. Varma and B. Hock (eds), *Mycorrhiza: Structure, function, molecular biology and biotechnology*, p. 685-734. Heidelberg, Springer Verlag.
- Alexander, I.J. (1989).** Mycorrhizas in tropical forests. in: J. Proctor (Ed.), *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*, p. 169-188. Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- Alexander, I.J., Högberg P. (1986).** Ectomycorrhizas of tropical angiospermous trees. *New Phytol* 102:541–549
- Alexander, I.J., Ahmad N., Lee SS. (1992).** The role of mycorrhizas in the regeneration of some Malaysian forest trees. In: Marshall AG, Swaine MD (eds) *Tropical rain forest: disturbance and recovery*. The Royal Society, London, UK, pp 357–367
- Alexander, I., Seloosse A. (2009).** Mycorrhizas in tropical forests: A neglected research imperative. *New Phytologist* 182(1):14-6
- Amaranthus, M.P. (1998).** The Importance and Conservation of Ectomycorrhizal Fungal Diversity in Forest Ecosystems: *Lessons from Europe and the Pacific Northwest*. Volume 431 de General technical report PNW. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 15p
- Bâ, A., Duponnois, R., Diabate, M., Dreyfus, B. (2012).** Les champignons ectomycorhiziens des arbres forestiers en Afrique de l’Ouest. Méthodes d’étude, diversité, écologie, utilisation en foresterie et comestibilité. *Collections Actiques IRD, IRD Editions*. ISBN : 978-2-7099-1684-4
- Bâ, A.M., Garbaye, J., Martin, F., Dexheimer, J., (1994).** Root soluble carbohydrate of *Afzelia africana* Sm. seedlings and modifications of mycorrhizal establishment in response to the cotyledon excision. *Mycorrhiza*, 4: 269-275.
- Baar, J., Horton, T.R., Kretzer, A.M., Bruns, T.D. (1999).** Mycorrhizal colonization of *Pinus muricata*



- from resistant propagules after a stand replacing wildfire. *New Phytol* 143:409–418
- Barlow, J., Gareth, D., Lennox., Toby, A. (2016).** Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature* 535: 44-147
- Bever, J.D. (2000).** Negative feedback within a mutualism host-specific growth of mycorrhizal fungi reduces plant positive and negative plant-soil feedbacks benefit. *Proc. Biological Sciences*. Vol 269 (1509): 2595-2601
- Brundrett, M. (1991).** Mycorrhizas in natural ecosystems. *Adv. Ecol.Res.* 21: 171.313.
- Brundrett M, Bougher Dell B, Grove T, Malajczuk N. (1996).** Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. *ACIAR Monograph*, Canberra, 372p
- Buyck, B., Thoen, D., Watling, R. (1996).** Ectomycorrhizal fungi of the Guineo-Congo Region. *Proc R Soc Eding Sect B* 104 (3): 313-333
- Bruns, T.D., Shefferson, R.P. (2004).** Evolutionary studies of ectomycorrhizal fungi: Recent advances and future directions. *Can.J. Bot.* 82:1122-1132
- Buyck, B. (1994).** Ubwoba : Les champignons comestibles de l'Ouest du Burundi. *Adm. Gén. Coop. Dév. Publi. Agric.* Bruxelles 34, 123p
- Castellano, M.A., Molina R. (1989).** Mycorrhizae. In *The Biological Component: Nursery Pest and Mycorrhizae Manual*, Vol. 5. Ed. T.D. Landis. Agric. Handbook 674. USDA Forest Service, Washington, DC, pp 101–167.
- Chalot, M., Battut P.M., Botton B., Le Tacon, F., Garbaye, J. (1988).** Recent advances in physiological and practical aspects of ectomycorrhizal effects on tree development. *Acta Oecol. Appl.* 9: 333–351.
- Corrales, A., Henkel, T.W., Smith, M.E. (2018).** Ectomycorrhizal associations in the tropics – *biogeography, diversity patterns and ecosystem roles*. *New Phytol* : 1076-1086. <https://doi.org/10.1111/nph.15151>
- De Kesel, A., Kasongo, W.A., Degreef, J. (2017).** Champignons comestibles du Haut-Katanga (RD Congo). *Abc Taxa 17 Brussels*. NUR 910 D/2017/0339/3.
- Djotjan, A.K.G., Matsushita, N., Vaario, L.M., Yorou, N.S., and Fukuda, K. (2020).** Arbuscular mycorrhizas in the roots of *Azelia africana*, *Entada africana*, and *Pterocarpus erinaceus*. *Applied Ecology and Environmental Research* 19(2):833-848.
- Eyi, H.C., Mounquengui, S., Atteké, C., Obono, N.G. (2014).** Variation of consumption of mushrooms by Pygmies and Bantus in the North Gabon. *Adv. Microbiol.* 4: 1212-1221. Published online in *SciRes*. <http://www.scirp.org/journal/aim>. <http://dx.doi.org/10.4236/aim.2014.416131>
- Gemerden van, B.S., Han, O.H., Parren, M.P.E., Bongers, F. (2003).** Blackwell Publishing Ltd The pristine rain forest? Remnants of historical human impacts on current tree species composition and diversity. *Journal of Biogeography*, 30, 1381–1390
- Guehl, J.M., Mousain, D., Falconnet, G., Gruez ((1990).** Growth, carbon dioxide assimilation capacity and water-use efficiency of *Pinus pinea* L seedlings inoculated with different ectomycorrhizal fungi. *Ann Sci For* 47: 91-100
- Guillot, J. (1997).** The bases for specificity of ectomycorrhizal fungi with respect to their host *Revue Forestiere Francaise (France)* pp.57-66 ISSN : 0035-2829
- Jason, D., Hoeksema, V., Bala, Chaudhary, Catherine, A., Gehring, Nancy, Collins, Johnson, Justine, Karst, Roger, T., Koide, Anne, Pringle, Catherine, Zabinski, James, D., Bever, John, C., Moore, Gail, W.T., Wilson, John, N., Klironomos, James, Umbanhowar (2010).** A meta-analysis of context-dependency in plant response to inoculation with mycorrhizal inoculation. *Ecology letters*. 394-407
- Nikolay, Khabarov, Andrey, Krasovskii, Michael, Obersteiner, Rob, Swart, Alessandro, Dosio, Jesus, San-Miguel-Ayanz, Tracy, Durrant, Andrea, Camia, Mirco, Migliavacca (2016).** Forest fires and adaptation options in *Europe. Reg Environ Change* 16, 21–30. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0621-0>
- Hart, T.B. (1995).** Seed, seedling and sub-canopy survival in monodominant and mixed forests of the Ituru forest, *Africa. Journal of Tropical Ecology*, 11 : 443-459.
- Ingleby, K., Thuy, L.T., Phong, N.T. (2000).** Ectomycorrhizal inoculum potential of soils from forest restoration sites in South Vietnam. *Journal of Tropical Forest Science* 12(2):418-422
- Janos, D.P. (1996).** Mycorrhizas, succession and rehabilitation of deforested lands in the humid tropics. in: J.C. Frankland, N. Magan and G.M. Gadd (eds), *Fungi and environmental change*, p. 129-161. *Cambridge University Press*, Cambridge.

- Kaumbu, J.M.K., Mpundu, M.M.M., Kasongo, E.L.M., Ngoy Shutcha, M., Tekeu, H., Kalambulwa, A.N., Khasa, D.P. (2021).** Early Selection of Tree Species for Regeneration in Degraded Woodland of Southeastern Congo Basin. *Forests* 2021, 12, 117. <https://doi.org/10.3390/f12020117>
- McGuire, K.L., Allison, S.D., Fierer, N., Treseder, K.K. (2013).** Ectomycorrhizal-Dominated Boreal and Tropical Forests Have Distinct Fungal Communities, but Analogous Spatial Patterns across Soil Horizons. *PLoS ONE* 8(7): e68278. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068278>
- Letouzey, R. (1968).** Etude phytogéographique du Cameroun. Paris, Editions P. le Chevalier.
- Scott, A., Mangan, Stefan, A., Schnitzer, Edward, A., Herre, Keenan, M.L., Mack, Mariana, C., Valencia, Evelyn, I., Sanchez, James, D., Bever (2010).** Negative plant-soil feedbacks predicts tree-species relative abundance in a tropical forest. *Nature*. 466:752-755
- Morris, William F., Hufbauer, Ruth, A., Agrawal, Anurag, A., Bever, James, D., Borowicz, Victoria, A., Gilbert, Gregory, S., Maron, John, L., Mitchell, Charles, E., Parker, Ingrid, M., Power, Alison, G., Torchin, Mark, E., Vazquez, Diego, P. (2007).** Direct and interactive effects of enemies and mutualists on plant performance: a meta-analysis. *Ecology*. 88:1021-1029.
- Newbery, D.M., Alexander, I.J., Thomas, D.W., Gartlan J.S. (1988).** Ectomycorrhizal rain forest legumes and soil phosphorus in Korup National Park, Cameroon. *New Phytologist* 109: 433-450.
- Newbery, D.M., Alexander, I.J., Rother J.A. (1997).** Phosphorus dynamics in lowland African rainforest: the influence of ectomycorrhizal trees. *Ecological Monographs* 67: 367-409
- Olivry, J.C. (1986).** Fleuves et rivières du Cameroun. *Collection Monographies hydrologiques d'ORSTOM* 9. Paris, France
- Onguene, N.A. (2000).** Diversity and dynamics of mycorrhizal associations in tropical rain forests with different disturbance regimes in south Cameroon. *Tropenbos Cameroon* Ser.3:1-167 Posen en Louijen, Wageningen, the Netherlands, NWO, ISBN 90-5808-293-8, 167p
- Onguene, N.A., Kuyper T.W. (2001).** Diversity and abundance of mycorrhizal associations in the rain forests of South Cameroon. *Forest Ecology Management*. 140: 277-287
- Onguene, N.A., Kuyper T.W. (2002).** Importance of the ectomycorrhizal network for the seedling survival and ectomycorrhizal formation in rain forests of south Cameroon. *Mycorrhiza*. 12: 13-17. doi:10.1007/s00572-001-0140-y
- Onguene, N.A., Kuyper T.W. (2012).** Habitat and diversity of ectomycorrhizal mushrooms in humid forests of South Cameroon. *Cameroon Journal of Experimental Biology*. 8 (1): 26-34
- Onguene, A.N., Tsamo, J.M., Ebenye, C.M., Bâ, A., Kuyper, T.W. (2014).** Diversity and Abundance of Ectomycorrhizal Associations in Rain Forests with different disturbance regimes. In. Bâ AM, McGuire KL, Diédhiou AG. In *Ectomycorrhizal symbiosis in Tropical and Neotropical forests*. CRC Press, Chap3, 29-50pp
- Onguene, A.N., Feudjo, N., Kuyper, T.W. (2018).** Biodiversité des macrochampignons sauvages comestibles de la forêt humide du Sud-Cameroun. *Bois et Forêts des Tropiques*. 33 : 87-99
- Perry, D.A., Borchers, J.G., Borchers, S.L., Amaranthus, M.P. (1990).** Species migrations and ecosystems stability during climate change: The belowground connection. *Conservation Biology*. Vol (3): 266-274
- Read, D.J., Perez-Moreno, J. (2003).** Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems – a journey towards relevance? *New Phytol*. 157: 475-492.
- Richards, P. (1996).** The Tropical Rainforest, An ecological study, 2nd edn, Purselove, J.W. 1975. Raffia palms. In ELBS and Longman (ed.), *Tropical monocotyledons*. Volumes 1 and 2 combined. Cambridge University Press, Cambridge, 440p.
- Sanon, K.B., Bâ, M.A., Duponnois, R. (2014).** Diversity and function of ectomycorrhizas between Scleroderma and Afzelia species in Burkina Faso. In: (eds Bâ AM, Krista L, Diedhiou AG) *Ectomycorrhizal symbioses in Tropical and Neotropical forests*. CRC Press. ISBN 978-4665-9468-5, pp126-146
- Smith, S.E., Read, D.J. (1997).** Mycorrhizal Symbiosis, 2nd Ed.; Academic Press: London, UK.
- Smith, S.E., Read, D.J. (2008).** Mycorrhizal symbiosis, 3rd ed. Academic Press, London, UK, SPSS Inc. 2014. X users' guide. 20 ed. Gorinchem the Netherlands
- Tambe, BEEE (2014).** The physiology of Scleroderma sinnamariense Mont. (Sclerodermataceae), an

ectomycorrhizal fungus associated with *Gnetum* spp. (Gnetaceae). In: (eds Bâ AM, Krista L, Diedhiou AG) Ectomycorrhizal symbioses in *Tropical and Neotropical forests*. CRC Press. ISBN 978-4665-9468-5, pp147-163

**Whitmore, T.C. (1984).** Tropical rainforest of the far East. Second edition. Toronto, Oxford University Press.

**Leho, Tedersoo, Mohammad, Bahram, Sergei, Põlme, Urmas, Kõljalg, Nourou, S., Yorou, Ravi, Wijesundera, Luis, Villarreal, Ruiz , Aída, M., Vasco-Palacios, Pham, Quang, Thu, Ave, Suija, Matthew, E., Smith , Cathy, Sharp, Erki, Saluveer, Alessandro, Saitta, Miguel, Rosas , Taavi, Riit, David, Ratkowsky, Karin, Pritsch, Kadri, Põldmaa, Meike, Piepenbring, Cherdchai,**

**Phosri, Marko, Peterson, Kaarin, Parts, Kadri, Pärtel, Eveli, Otsing, Eduardo, Nouhra, André, L., Njouonkou, R., Henrik, Nilsson , Luis, N., Morgado, Jordan, Mayor, Tom, W., May, Luiza, Majuakim, D., Jean, Lodge, Su, See, Lee, Karl-Henrik, Larsson, Petr, Kohout, Kentaro, Hosaka , Indrek, Hiiesalu, Terry, W., Henkel, Helery, Harend, Liang-dong, Guo, Alina, Greslebin, Gwen, Grelet, Jozsef, Geml, Genevieve, Gates, William, Dunstan, Chris, Dunk, Rein, Drenkhan, John Dearnaley, André De Kesel, Tan, Dang, Xin, Chen, Franz, Buegger, Francis, Q., Brearley, Gregory, Bonito, Sten, Anslan, Sandra, Abell, Kessy, Abarenkov (2014).** Fungal biogeography. Global diversity and geography of soil fungi. *Science*. 28;346(6213):1256688. doi: 10.1126/science.1256688.

## Potentiel de stockage de carbone des agro forêts du versant oriental des monts Bamboutos dans les Hautes Terres de l'Ouest du Cameroun

Fogaing J.R.<sup>1</sup>, Ndonmou E.C.<sup>2</sup>, Kuete Fogaing M.<sup>3</sup>, Avana Tiencheu M.L.<sup>2</sup>, Tsalefac M.<sup>4</sup>

- (1) Département de Géographie Aménagement et Environnement, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines ; Université de Dschang, République du Cameroun / e-mail : jr\_fogaing@yahoo.fr  
(2) Département de Foresterie, Gestion de l'Environnement, Agroforesterie, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun,  
(3) Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD)  
(4) Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université de Dschang, Cameroun

DOI : <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.4699504>

### Résumé

Cette étude se propose d'estimer la contribution des Systèmes Agroforestiers Caféiers (SAFCs) des Hautes Terres de l'Ouest (HTO) du Cameroun dans l'atténuation des changements climatiques au regard de leur stock de carbone. Pour y parvenir, les données ont été collectées dans les SAFCs du versant oriental des monts Bamboutos sur 03 niveaux d'altitudes dont la haute, la moyenne et la basse altitude. 36 placettes de 40m x 40m ont permis la collecte des paramètres dendrométriques des arbres à DHP (Diamètre à Hauteur de Poitrine) > 30cm, 36 sous-placettes de 20m x 20m pour des arbres à DHP < 30 cm et 180 quadrats de 1m x 1m pour la collecte des herbacées. Dans chacune des placettes, le diamètre de référence des caféiers est relevé. L'analyse descriptive et le test de Student Newman Keuls à un facteur ( $P < 0,05$ ) ont permis d'estimer les proportions et les différences entre les stocks de carbone

en fonction des pools de séquestration, des types de SAFCs dont celui intensifié, maintenu et converti et ce suivant le gradient d'altitude. Les résultats indiquent qu'en fonction des pools, les stocks varient entre 379,47tC/ha pour les ligneux forestiers et 0,0003tC/ha pour les herbacées. En fonction des types de systèmes, ces stocks sont de 1120,21tC/ha pour les SAFCs convertis et de 52,19tC/ha pour les SAFCs maintenus. En fonction de l'altitude, ils varient entre 1277tC/ha pour la moyenne altitude et 34,34tC/ha pour la basse altitude. En terme de valeur écologique ces systèmes permettraient d'obtenir environ 1317,68€/ha. Ainsi, les SAFCs du versant oriental des monts Bamboutos, de par leurs stocks de carbone, sont assimilables à de véritables puits de carbone. Toutefois, il reste nécessaire d'approfondir ces estimations au niveau des bois morts et du sol afin de ressortir un bilan net du carbone de ces SAFCs.

**Mots clés** : systèmes agroforestiers, monts bamboutos, stock de carbone, REDD

### Abstract

The purpose of this study aims at assessing the input of Coffee Agroforestry Systems (CAFSs) in the highlands of western Cameroon relating to climate change mitigation in terms of their carbon stock. To achieve this, data were collected at three altitude levels from CAFSs of the eastern slopes of the Bamboutos Mountains, namely high, medium and low altitude. 36 plots with 40 m x 40 m were used to collect dendrometric drivers for trees having DBH (Diameter at Breast Height) > 30 cm, 36 sub-plots with 20 m x 20 m for trees with DBH < 30 cm and 180 quadrats of 1 m x 1 m for the collection of grasses.

Indeed, the reference diameter of coffee trees was recorded within each plot. Descriptive analysis and the one-factor Newman Keuls Student's test ( $P < 0.05$ ) were used to evaluate proportions and differences between carbon stocks according

to sequestration pools, CAFSs types, including intensified, maintained and converted CAFSs, based on the altitude gradient. Research reveal that, according to the pool, stocks vary from 379.47 tC/ha for forest trees and 0.0003 tC/ha for converted CAFSs as well as 52.19 tC/ha for maintained CAFSs. Furthermore, depending on the altitude, they vary between 1277 tC/ha for middle altitude and 34.34 tC/ha for low altitude. In terms of ecological value, these systems would generate about 1317.68 €/ha. Therefore, by virtue of their carbon stocks, CAFSs of the eastern slopes of the Bamboutos Mountains are similar to real carbon sinks. However, suffice it to note that these estimates should be strengthened at the level of dead wood and soil in order to highlight the accurate carbon balance of these CAFSs.

**Keywords** : Agroforestry systems, Bamboutos Mountains, carbon stock, REDD

## 1. Introduction

L'agriculture demeure la principale activité contributrice de l'économie des pays de l'Afrique soudano-sahélienne. Elle est quasi extensive et se pratique sur de petites exploitations familiales de trois à six hectares (Kambire et al., 2015). Cette pratique agricole, basée de plus en plus sur l'intensification (monoculture, utilisation des engrais chimiques) à long terme, corrélée à une gestion non durable ne peut être sans conséquences sur l'environnement (Dussault, 2008 ; Kambire et al., 2015). Toutefois, le développement de nouvelles formes d'utilisation des terres du fait d'un aménagement responsable des forêts et d'agro forêts font parties intégrantes des stratégies les plus efficaces de minimisation de ces conséquences. L'une des plus significatives étant la modération des changements climatiques par voie de séquestration de carbone avec un impératif de réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) et principalement le CO<sub>2</sub> atmosphérique (Bationo et al., 2012). Ce mécanisme de l'après Kyoto est développé au fil des Conférences des Parties (CoP) à travers le processus de Réduction des Émissions liées à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD) (Tayo, 2014). Il s'agit, en outre, d'adopter parmi les différentes pratiques agricoles, celles qui offrent les meilleures possibilités d'utilisation des terres tout en contribuant à la conservation de l'environnement et de la biodiversité. C'est ainsi que l'agroforesterie en général et les agro forêts caféières en particulier sont de plus en plus perçues comme une option d'utilisation des terres pouvant contribuer à l'atténuation des changements climatiques par voie de séquestration de carbone (Torquebiau, 2000).

Introduit au Cameroun en 1923 par les colons français et cultivé majoritairement dans les Hautes Terres de l'Ouest (HTO) avec 70% de la production nationale (Sanchez, 2002), le café est en effet l'une des principales cultures pérennes ayant soutenu l'économie camerounaise pendant plusieurs décennies jusqu'à sa déprise dans les années 1980 (Fongang, 2008). Ainsi, la crise à laquelle est assujettie la filière caféière entraîne un mode de gestion caractérisé par la diversification (Kammeugne, 2015). Selon Duguma et al., (2001), cette modélisation paysagère constitue des alternatives de lutte contre les changements climatiques du fait de la mise en place de systèmes agroforestiers complexes. Ceux-ci sont marqués par l'introduction des ligneux forestiers et fruitiers dans les parcelles soit à des fins cadastrales, soit pour stabiliser les terres pentues et/ou pour des

besoins de diversification des sources de revenus. Cette stratégie d'intervention paysanne constatée sur le versant oriental des monts Bamboutos a permis le développement de trois Systèmes Agroforestiers à base de Cafèiers (SAFCs) dont le SAFCs intensifié (Système Intensifié ou SI), le SAFCs maintenu (Système Maintenu ou SM) et le SAFCs converti (Système Converti ou SC) tous marqués d'une forte présence des ligneux constituant un potentiel de séquestration de carbone. Selon Fouellefack (2015), ce stock de carbone dans les SAFCs de Njimom (Ouest-Cameroun) est de 43,2tC/ha. Ce rôle environnemental assignable aux systèmes agroforestiers du versant oriental des monts Bamboutos des HTO (grassfield) du Cameroun se doit donc d'être quantifié et valorisé.

L'évolution de ce paysage agraire savanicole vers celui comparable à des agro forêts, sous l'emprise des systèmes d'utilisation des terres dont les SAFCs, lui confère un nombre de services écologiques dont la séquestration de carbone. En effet, ces systèmes du fait des plantes spontanées qui y sont préservées et de celles qui sont associées à la composante caféière, sont assimilables à des forêts secondaires (Mvondo, 2014).

Par ailleurs, certaines études montrent l'influence significative de l'altitude sur la variation de la densité moyenne des végétaux associés dans les SAFCs des hautes terres (Mbarga et al., 2013) et d'autres révèlent que le potentiel de séquestration de carbone par les arbres est fortement influencé par l'altitude (Gomadje et al., 2017). Il s'avère ainsi nécessaire d'estimer les stocks de carbone des SAFCs de ces anciennes savanes humides d'altitude en fonction des pools de séquestration, des types de systèmes agroforestiers et du gradient altitudinal.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1. Matériel

#### 2.1.1 Zone d'étude

Les grassfields au Cameroun se rencontrent dans les Régions de l'Ouest, du Nord-ouest et du Sud-ouest. Selon Mbarga et al. (2013) ce paysage s'identifie par une forte pression démographique (168 hbts/km<sup>2</sup>) et une topographie contrastée où l'on distingue :

- le plateau granito-gneissique au Sud, qui culmine entre 1200-1400 m d'altitude avec des reliefs poly convexes;
- des montagnes modestes de 2100 m d'altitude au Sud-Ouest;
- le plateau basaltique au Nord, avec une topographie plus calme entre 1400 m et 1600 m d'altitude,

- la plaine du Noun longeant la bordure orientale du plateau Bamoun.

Cet ensemble est constitué de plusieurs montagnes parmi lesquelles les monts Bamboutos qui culminent à une altitude de 2700 m et dont le versant oriental constitue notre zone d'échantillonnage. Ce versant des monts Bamboutos est situé entre 5°06 et 5°53 de Latitude Nord-Sud et 10°13 et 10°43 de Longitude Est-Ouest. Avec une précipitation abondante au sommet du massif, les mois d'août et de septembre sont les plus pluvieux atteignant des pics de plus de 330 mm/mois. Les températures baissent au fur et à mesure qu'on s'élève vers les sommets. Les minima oscillent entre 12°C et 15°C, les moyennes entre 22°C et 24°C et les maxima entre 28°C et 30°C (Ngouffo, 2014).

Un système agroforestier est toutefois reconnu comme un ensemble de techniques de mise en exergue des terres dans lesquelles les végétaux ligneux sont délibérément associés dans une même parcelle à des cultures ou à l'élevage, soit simultanément, soit de manière séquentielle (Baumer, 1987). Ceux à base de caféiers s'y réfèrent et couvrent un champ assez large en termes de complexité structurale, allant de systèmes rudimentaires à ceux extrêmement complexes variant en fonction des besoins et des attentes du producteur. C'est ainsi que selon la classification de Moguel et Toledo (1999), il est possible d'identifier cinq (05) grandes classes de systèmes de culture de café dont la plantation rustique, la polyculture traditionnelle, la polyculture commerciale, la monoculture ombragée et la monoculture non ombragée. Bien que l'ensemble de ces formes d'occupation des terres soit susceptible d'être recensé sur le versant oriental des monts Bamboutos, ces systèmes agraires à base de caféiers sont différenciés en trois (03) catégories agroforestières dont les Systèmes Convertis, les Systèmes Maintenus et les Systèmes intensifiés.

- Les SAFCs Convertis ou Systèmes convertis (SC) sont des systèmes dans lesquels les différents acteurs abandonnent la caféiculture et dont la composante principale est progressivement ou totalement substituée par d'autres composantes.

- Les SAFCs Maintenus ou Systèmes maintenus (SM) sont des systèmes dans lesquels les différents acteurs conservent, sans toutefois régénérer les différents plants de caféiers présents dans le système et qui se traduit par la présence des vieilles tiges qui ne bénéficient d'aucun entretien et par conséquent ne sont pas remplacées.

- Les SAFCs Intensifiés ou Systèmes intensifiés (SI) sont des systèmes dans lesquels les différents acteurs conservent, tout en régénérant les différents plants de caféiers présents dans le système ; ce système se traduit par des apports en jeunes plants, en vue de réorganiser le système.

## 2.2. Méthodes

### 2.2.1. Échantillonnage des SAFCs et mise en place des placettes

Dans le cadre de cette étude, la méthode d'échantillonnage orienté (échantillonnage à choix raisonné) a été adoptée. 03 localités (Fongo-Tongo, Nkong-Ni et Batcham) sont retenues sur la base de leurs potentiels en caféiculture.

La zone d'étude a été stratifiée en trois niveaux d'altitudes (Na) en s'inspirant des études de Mbarga et al. (2013). Il s'agit de (i) la basse altitude qui va de 1400 m à 1600 m ou niveau Na1 situé au pied du mont ; (ii) la moyenne altitude comprise entre 1600 m et 1800 m ou niveau Na2 situé sur le flanc du mont et (iii) la haute altitude au-delà de 1.800 m ou niveau Na3 situé vers le sommet de la montagne.

A chaque niveau d'altitude, 12 SAFCs ont été identifiés, donc 04 par type de SAF, en fonction de la culture du caféier dans ces SAFs (converti, maintenu et intensifié). Chaque SAFC a une superficie d'au moins 0,5 hectare, afin de faciliter l'installation des transects. Ainsi, 36 SAFCs ont été échantillonnés.

Les placettes ont été mises en place suivant la méthode de Winrock International (2005). Elles sont réalisées suivant la figure 1 et consistent à ouvrir deux (2) layons principaux orientés Nord-Sud et Est-Ouest qui forment un repère orthonormé dont l'axe X-Y est central à la placette et sous-placettes et l'axe Y-Z la limite Est-Ouest. Huit (08) layons secondaires dont quatre (04) sont perpendiculaires à l'axe des abscisses et quatre (04) autres perpendiculaires à l'axe des ordonnées et équidistants de 10 m permettent de constituer la placette et les différentes sous-placettes. Il en résulte un total de 36 parcelles de 40m x 40m, 36 sous-placettes de 20m x 20m et 180 quadrats de 1m x 1m dont 60 quadrats par niveau d'altitude et 20 par type de SAFCs.

## 2.3. Collecte des données

### 2.3.1. Inventaire floristique et identification des espèces

L'identification des ligneux dans les placettes est faite grâce aux clés dichotomiques «flore du Cameroun»

de Letouzey (1985). Les espèces non identifiées ont été mises sous presse, conservées en planche pour une identification au Laboratoire de Botanique Appliquée de l'Université de Dschang ou acheminées à l'Herbier National du Cameroun le cas échéant. Les paramètres dendrométriques ont consisté en la mesure du DHP pour les individus forestiers ou le Diamètre de référence (Dr) pour les caféiers au moyen d'un ruban dendrométrique et de la mesure de la hauteur suivant le principe de la croix du Bucheron.

### 2.3.2. Estimation des stocks de carbone des SAFCs

La méthodologie d'échantillonnage utilisée pour l'évaluation des stocks de carbone des SAFCs est adaptée de Hairiah et al., (2010) et de Fouellefack (2015). Elle consiste à inventorier dans les placettes de 40 m x 40 m les ligneux de DHP >30 cm et les ligneux et espèces arborescentes de DHP ≤ 30 cm dans les sous-placettes de 20 m x 20 m. Dans les quadrats de 1 m x 1 m, sont échantillonnées les herbacées et les espèces cultivées autres que les bananiers et les caféiers dont les mesures de DHP sont faites à 30 cm au-dessus du sol (diamètre de référence). Les échantillons d'herbacées, une fois pesés en l'état frais,

au moyen d'une balance de précision, sont contenus dans des sachets en polystyrène après codification, afin d'être acheminés au laboratoire. Les travaux de laboratoire ont consisté à évaluer la masse sèche de l'échantillon par séchage à l'étuve à 105°C pendant 24 h jusqu'à obtention d'une masse constante. Afin de vérifier que la masse demeure constante, un second pesage est effectué après 12 heures. A la suite de la vérification, le poids de l'échantillon ainsi séché constitue la biomasse. A l'issue de l'évaluation des quantités de CO<sub>2</sub> évitées, la méthode utilisée pour déterminer la valeur écologique des SAFCs qui se reporte ici à la valeur financière potentielle de ceux-ci est adaptée de Heraud (2017) qui estime à 8€ la tonne de CO<sub>2</sub> hormis les flux.

### 2.4. Traitement et analyse des données

Le traitement et l'analyse des données concernent l'analyse des paramètres floristiques d'une part et le calcul de la biomasse et le carbone forestier d'autre part. Les logiciels EXCEL 2010 et SPSS v.20 ont permis d'épurer et d'analyser les différentes données floristiques et dendrométriques. Il s'en est suivi une analyse de variance à deux facteurs dont l'altitude et

les SAFC. La biomasse aérienne des arbres est estimée à partir des équations (Eq.) allométriques du tableau 1.

Pour les espèces inconnues et pour celles dont les densités spécifiques n'ont pas été identifiées, la valeur par défaut de la densité spécifique du bois pour les forêts d'Afrique tropicale qui est de 0,58g/cm<sup>3</sup> a été

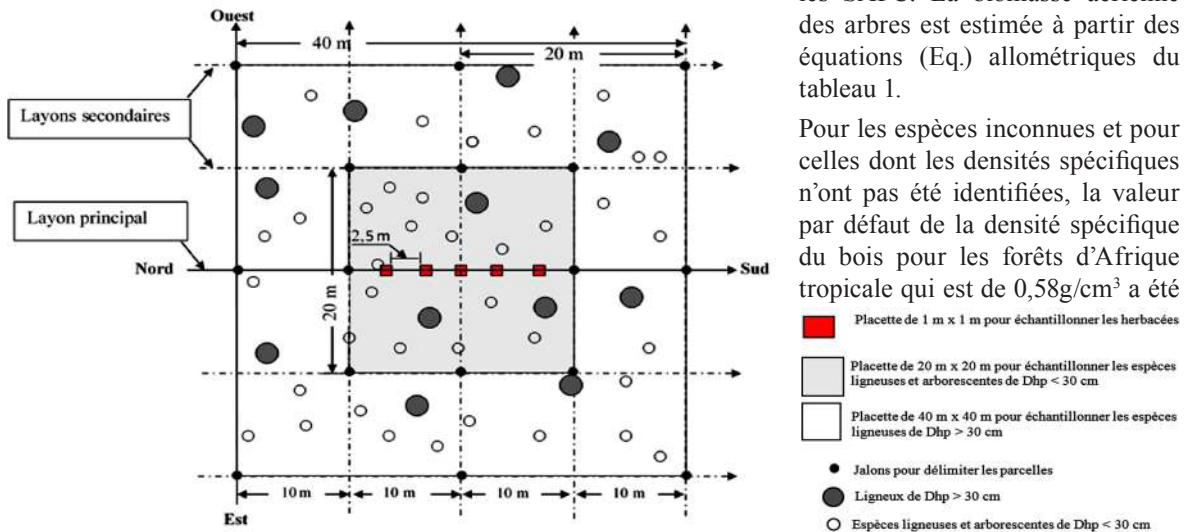


Figure 1 : Dispositif expérimental d'une placette

Tableau 1 : Équations allométriques utilisées pour la biomasse aérienne

Espèce de plante	Équations Allométriques	Source
<i>Musa sp</i>	Eq.1 : $AGB = 0,0303 \times DHP^{2,1345}$	Arifin (2001)
<i>Eleais guineensis</i>	Eq.2 : $AGB = 23,487 + 41,851 \times (\ln H^2)$	Brown et Pearson, (2005)
<i>Coffea sp</i>	Eq.3 : $AGB = 0,281DHP^{2,06}$	Arifin (2001)
autres espèces arborescentes et ligneuses	Eq.4 : $AGB = \text{Exp}(-2,977 + \text{LN}(DBH^2 H_p))$	Chave et al.,(2005)

utilisée (Reyes et al, 1992 cité par GIEC, 2006). La biomasse souterraine est déterminée par l'équation 5.

**Eq.5 :  $BGB=AGB \cdot R/t$  (COMIFAC, 2008)**

AGB = Biomasse aérienne (kg)

R = constante du ratio d'enracinement = 0,24 (Monkany, 2006) et adopté par la COMIFAC (2008).

La valeur du stock de Carbone des Ligneux (CL) des espèces arborescentes est obtenue suivant la méthode du GIEC (2006) et déterminée par l'équation 6.

**Eq.6 :  $CL=(AGB+BGB) \cdot 0,47$  (GIEC, 2006)**

Avec:

AGB = Biomasse aérienne (kg)

BGB =Biomasse souterraine (kg)

CL = Carbone des Ligneux (tonnes)

0,47 = Constante

Le carbone stocké par les herbacés est estimé à partir de la masse sèche obtenue après séchage au laboratoire et du pourcentage du carbone. L'équation 7 en résumé :

**Eq.7:  $CH=MS \cdot P(10;4) \cdot P(10;-6) \cdot \%C \cdot P(10;-2)$  (Hairiah et al., 2010)**

Avec :

CH= Carbone des Herbacées ;

MS = Masse sèche des échantillons

P = Puissance

%C = Pourcentage du carbone, estimée en multipliant la masse de l'échantillon à l'état frais par 100. La valeur obtenue est ensuite divisée par la masse du même échantillon après séchage.

La valeur totale du carbone obtenue est ensuite élevée à l'hectare et convertie en tonnes.

Le stock total de CO<sub>2</sub> atmosphérique séquestré par la biomasse des ligneux est estimé en multipliant le stock de carbone par 3,67. Il est déterminé par l'équation 8 :

**Eq.8 :  $CO_2=C \cdot 3,67$**

C=stock de carbone ;

3,67 = constante

La valeur écologique des SAFCs est estimée en multipliant le stock total de CO<sub>2</sub> de ces SAFs hormis les flux par 8€, représentant la valeur monétaire d'une tonne de carbone sur le marché du carbone de l'Union Européenne tel que révélée par Heraud, (2017) au moment où cette étude est menée.

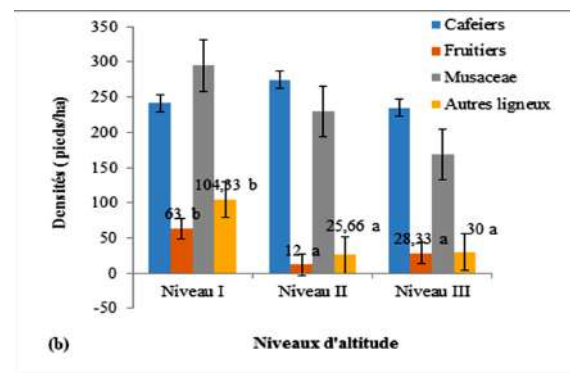
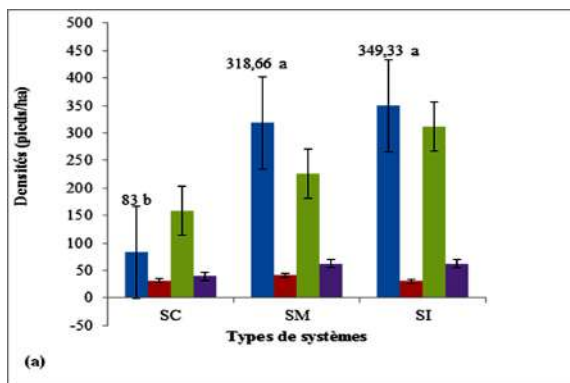
Le test de Student Newman Keuls (SNK) à un facteur au seuil de 5% a été utilisé pour la comparaison des moyennes de stocks de carbone et de leurs valeurs écologiques. Ces comparaisons ont été effectuées en fonction des pools de séquestration de carbone, des types de système et des niveaux d'altitude.

**3. Résultats**

**3.2. Paramètres structuraux des SAFCs sur le versant oriental des monts Bamboutos**

**3.2.1. Densité moyenne du peuplement des SAFCs - Densité moyenne du peuplement caféier**

La densité moyenne du peuplement caféier est représentée par la figure 2. Avec un degré de significativité sig = 0,945, il ressort de la figure 2(a) que cette densité moyenne des caféiers en Na2 est de 274,66 ± 183,32 plants/ha et est supérieure en rapport aux deux autres gradients d'altitude avec 241,66 ± 170,29 plants/ha en Na1 et de 234,66 ± 85,84 plants/ha en Na3. Suivant la figure 2(b), cette densité décroît des systèmes de Na2 avec 274,66 ± 183,32 plants/



**Figure 2 : Composantes floristiques des SAFs (a) Variation des densités des ligneux en fonction des catégories de systèmes. (b) Variation des densités des ligneux en fonction des gradients d'altitude)**



ha vers ceux de Na3 avec  $241,66 \pm 170,29$  plants/ha. Entre les catégories de systèmes, le test de SNK révèle une différence significative entre la densité moyenne des caféiers (sig = 0,001). Cette densité est plus importante dans les SI ( $349,33 \pm 341,29$ ) par rapport aux deux autres catégories de systèmes. Elle décroît des SI ( $349,33 \pm 341,29$ ) vers les SM ( $318,66 \pm 60,08$ ) et SC ( $83,00 \pm 48,21$ ).

#### - Densité moyenne des espèces arborescentes et ligneuses

Le SNK test révèle qu'il n'existe pas de différence significative entre les densités moyenne des *Musaceae* (Sig = 0,401). Cependant, ils sont plus denses en Na1 ( $294,66 \pm 175,84$  plants/ha) par rapport à Na2 et Na3 avec  $229,66 \pm 14,01$  plants/ha et  $168,33 \pm 76,30$  plants/ha respectivement. En fonction des systèmes (figure 3a), les *Musaceae* sont plus denses dans les SI ( $311,66 \pm 155,51$ ) par rapport aux deux autres types de systèmes. Cette densité des *Musaceae* croît des SC ( $158,33 \pm 80,40$ ) vers les SI ( $311,66 \pm 155,51$ ) aux SM ( $226,66 \pm 29,51$ ).

Aucune différence significative n'est relevée entre la densité moyenne des fruitiers des SM et SI (Sig = 0,085), mais révèle une différence significative entre ces deux systèmes à ceux convertis (Sig = 0,001). Les fruitiers sont plus denses en Na1 ( $63 \pm 15,39$  plants/ha) à la différence des deux autres altitudes, soit  $28,33 \pm 5,57$  plants/ha en Na3 et  $12 \pm 3,46$  plants/ha en Na2. Cette densité croît des systèmes de Na1 ( $12 \pm 3,46$  plants/ha) vers les systèmes de Na2 ( $63 \pm 15,39$  plants/ha). Toutefois, en fonction des types de systèmes, la densité moyenne des fruitiers n'est pas significativement différente. Elle est plus dense dans les SM ( $41,66 \pm 35,47$ ) par rapport aux deux autres systèmes. Soit  $31,33 \pm 25,10$  dans les SC et  $30,33 \pm 17,61$  dans les SI. Cette densité décroît des SM vers les SI (figure 2a).

La densité moyenne des ligneux associés aux peuplements caféiers diffère significativement (Sig = 0,001) des systèmes de Na1 à ceux de Na2 ( $25,66 \pm 17,34$  plants/ha) et de Na3 ( $30,00 \pm 13,07$ ). Elle est élevée dans les systèmes de Na1 ( $104,33 \pm 28,57$  plants/ha) mais diminue en Na2 ( $25,66 \pm 17,34$  plants/ha). Cette densité moyenne des autres ligneux, associés aux caféiers varie significativement en fonction des systèmes (Sig = 0,823). Elle est plus dense dans les SM ( $62,66 \pm 66,40$ ), mais décroît de ces SM vers les SI ( $58,33 \pm 43,31$ ) aux SC ( $39,33 \pm 30,89$ ) (figure 3a). Par ailleurs, cette densité décroît des systèmes de Na1 ( $294,66 \pm 175,84$  plants/ha) vers les systèmes de Na3 ( $168,33 \pm 76,30$  plants/ha) (figure 2b).

### 3.2.2. Structure diamétrique du peuplement des SAFCs

#### - Structure diamétrique des caféiers

La structure diamétrique des caféiers sur le versant oriental des monts Bamboutos est représenté par la figure 3. Dans les systèmes de Na1 (figure 3(a)), cette structure diamétrique a une forme en L, caractérisée par une densité élevée des individus de petits diamètres ( $\leq 5$  cm). En Na2, c'est une forme en cloche ou courbe de Gauss qui se rapporte à un nombre élevé d'individus de  $6 \text{ cm} \leq D_r \leq 9$  cm et une faible proportion d'individus de  $D_r \leq 5$  cm. En Na3 est observée une forme exponentielle dominée par des individus de grand  $D_r \geq 7$  cm.

Suivant les systèmes, il ressort de la figure 3(b) que les caféiers des SC présentent une structure de forme linéaire, caractérisée par des effectifs d'individus de diamètres presque identiques. Elle tend à croître dans les classes de  $D_r \leq 5$  cm et celle de  $7 \text{ cm} \leq D_r \leq 8$  cm. Dans les SM, la structure diamétrique des caféiers a une forme exponentielle, dominée par des individus

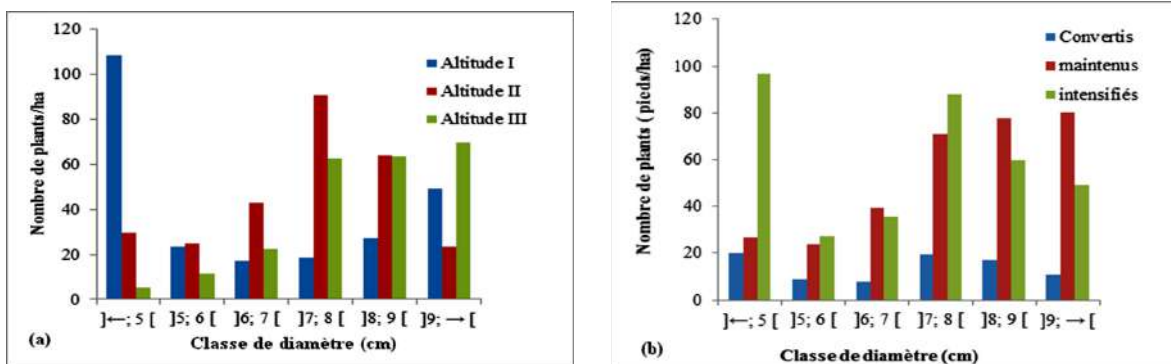


Figure 3 : Distribution des caféiers par classe de diamètre ((a) : en fonction de l'altitude ; (b) : en fonction des systèmes)

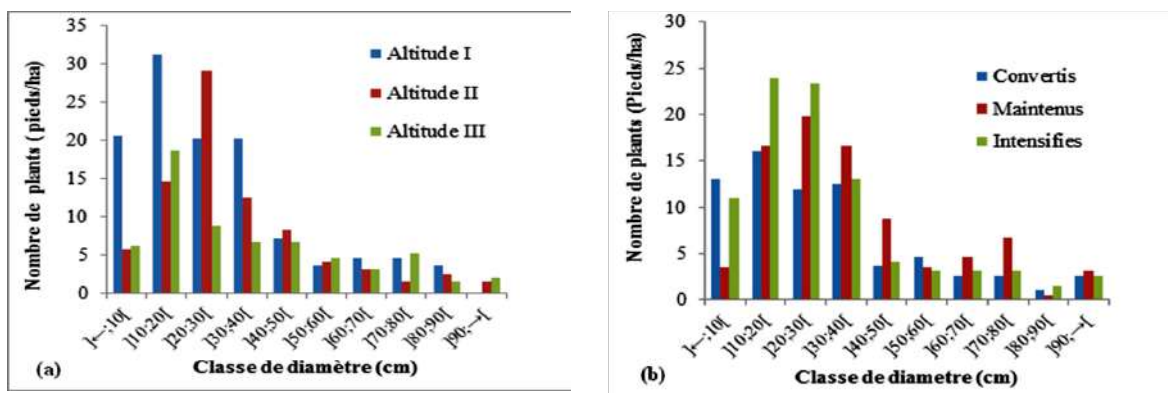


Figure 4 : Distribution des autres ligneux par classe de diamètre. ((a) : en fonction de l'altitude (b) : en fonction des systèmes)

Tableau 2 : Stock de carbone caféier

Niveaux d'altitude	Biomasse (Kg)	Stock Carbone (tC/ha)	Stock par système	Biomasse (kg)	Stock Carbone (t/ha)
Na1	43.696,05	3,565	Stock SA	7.591,89	1,318
Na2	68.183,25	5,563	Stock SM	53.877,86	9,353
Na3	73.543,29	6,000	Stock SI	33.966,35	5,896

de la classe  $Dr \geq 7$  cm. Elle décroît des classes de grands diamètres vers celles de petits diamètres, tandis que dans les SI, la distribution est erratique. Les caféiers y sont en général de grand diamètre ( $\geq 7$  cm). Mais il est noté une très forte densité d'individus de  $Dr \leq 5$  cm.

### - Structure diamétrique des espèces associées aux caféiers

La figure 4 représente la structure diamétrique des autres ligneux associés aux peuplements caféiers. Dans les SAFCs de Na1, elle est caractérisée par une forte densité des individus de  $DHP \leq 40$  cm et une très faible densité d'individus de  $DHP \geq 50$  cm. En Na2 et Na3, la structure est en forme de cloche, caractérisée par un nombre élevé d'individus de  $20 \text{ cm} \leq DHP \leq 30$  cm et une très faible proportion d'individus de  $DHP \geq 50$  cm, notamment en Na2. En Na3, ce taux élevé d'individus est observé dans la classe de diamètre  $10 \text{ cm} \leq DHP \leq 20$  cm, mais décroît progressivement au niveau des classes de plus grands diamètres (figure 4(a)).

Suivant les systèmes comme le transcrit par la figure 4(b), la structure diamétrique des ligneux associés au peuplement caféier est caractérisée par des densités beaucoup plus élevées dans la classe  $10 \text{ cm} \leq DHP \leq 40$  cm. Cependant, elle décroît progressivement dans les autres classes de diamètre pour atteindre une valeur minimale dans la classe  $DHP \geq 80$  cm.

### 3.3. Stocks de carbone des SAFCs du versant oriental des monts Bamboutos

#### 3.3.1. Stock du carbone de *Coffea spp*

Le stock de carbone de *Coffea spp* en fonction du niveau d'altitude et suivant les systèmes est récapitulé dans le tableau 2.

Il ressort du tableau 2 que ce stock de carbone est plus élevé en Na3 (6,00tC/ha), suivi de Na2 (5,56 tC/ha) et de Na1 (3,56tC/ha). Suivant les systèmes, ce stock est plus élevé dans les SM (9,35tC/ha), suivi des SI (5,89tC/ha) et est plus faible dans les SA (1,31tC/ha). Le potentiel de séquestration de carbone est plus élevé dans les SM que dans les SC ou SA et les SI. En effet, ces SM se distinguent par le nombre plus élevé de pieds de caféiers à l'hectare, ainsi que par l'âge de ceux-ci (âgé d'au moins 30 ans). Cette sénilité leur confère un grand Dr, déterminant de prédilection dans le calcul du stock de carbone.

#### 3.3.2. Stock de carbone des espèces arborescentes et ligneuses

Suivant l'altitude (figure 5), il ressort qu'en Na2 et Na3, les *Lauraceae* et les *Malvaceae* disposent des stocks de carbone les plus élevés. Les *Lauraceae* ont respectivement pour ces altitudes 12,05tC/ha et 11,58tC/ha et les *Malvaceae* 9,94tC/ha et 7,93tC/ha. En Na1, les *Moraceae*, les *Podocarpaceae* et les *Euphorbiaceae* ont respectivement 21,03tC/ha ; 11,49tC/ha et 10,48tC/ha.

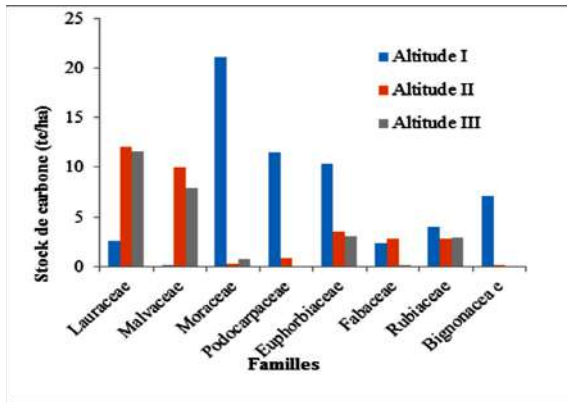


Figure 5 : Variation des stocks de carbone des familles en fonction des altitudes

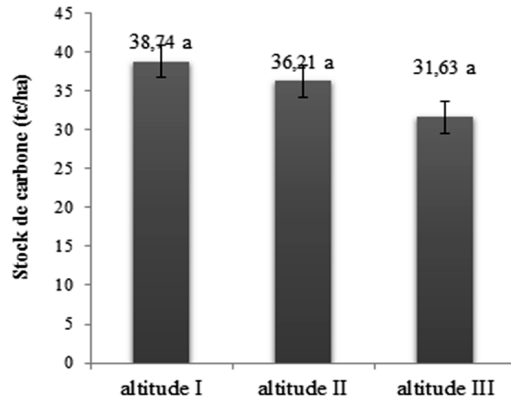


Figure 7 : Variation du stock moyen de carbone des familles en fonction des altitudes

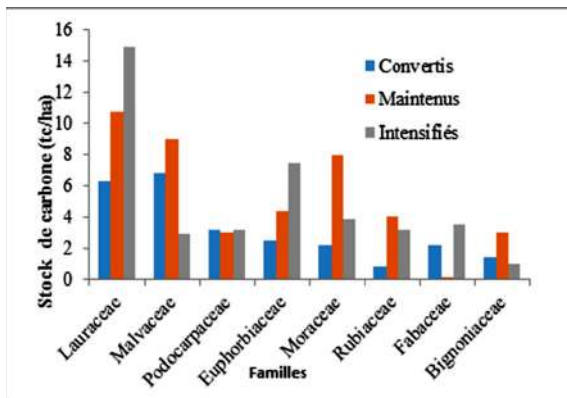


Figure 6 : Variation des stocks de carbone des familles en fonction des systèmes

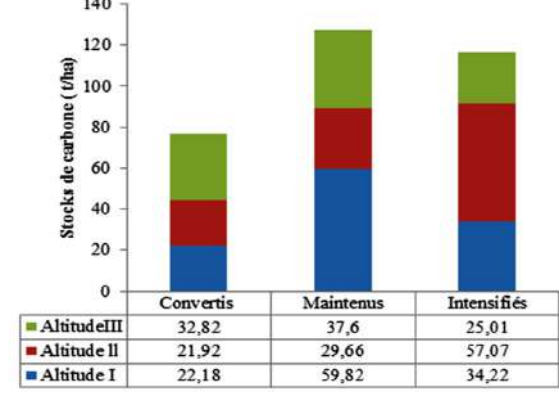


Figure 8 : Variation du stock moyen de carbone en fonction les catégories de système suivant le gradient altitudinal

La figure 6 illustre la variation des stocks de carbone des familles en fonction des systèmes. Il y ressort que dans les SC, les *Lauraceae* disposent de 4,4tC/ha ; en Na1 et de 4,45tC/ha en Na2. Les *Malvaceae* quant à eux disposent de 10,79tC/ha et 15,22tC/ha en Na1 et Na2 respectivement. En Na1, les *Podocarpaceae* et les *Moraceae* possèdent 9,52tC/ha et 5,92tC/ha. Dans les SM les *Lauraceae* disposent de 18,91tC/ha en Na2 et 18,39 tC/ha en Na3. Les *Malvaceae* ont 10,22tC/ha en Na2 et 7,22 tC/ha) en Na3. Dans les SI de Na2 et Na3, le stock de *Lauraceae* est de 12,85tC/ha et 18,73 tC/ha respectivement. Quant aux *Moraceae* et *Podocarpaceae* en Na1, le stock de carbone est de 11,01tC/ha et 6,18tC/ha respectivement.

Dans les SM et SI, les *Lauraceae* possèdent 10,68 tC/ha et 14,86tC/ha, suivis des *Malvaceae* et des *Lauraceae* dans les SC avec respectivement 6,79tC/ha et 6,25tC/ha ; alors que les *Euphorbiaceae* dans les SI disposent de 7,39tC/ha. Le stock des *Moraceae* est

de 7,92tC/ha dans les SM, suivis des *Podocarpaceae* avec 2,94tC/ha dans les SC.

Suivant les catégories de systèmes de Na1, les *Moraceae* ont respectivement 21,71tC/ha et 11,01 tC/ha et les *Euphorbiaceae* 11,35tC/ha et 5,38tC/ha suivis des *Podocarpaceae* avec 9,52tC/ha dans les SC. Dans les SM et SI de Na2 et de Na3, les *Lauraceae* ont 18,91tC/ha et 12,45tC/ha en Na2 et disposent de 10,22tC/ha et 18,73tC/ha en Na3, suivis des *Malvaceae* (15,22tC/ha) en Na3.

La moyenne de carbone stockée varie en fonction de l'altitude. Elle décroît sans être significativement différent (sig =0,857) des SAFs de Na1 vers les SAFs de la Na3 avec 38,74 ± 19,22tC/ha en Na1, 36,21± 18,46tC/ha en Na2 et 31,81 ± 6,35tC/ha Na3 (figure 7).

Suivant les types de système et en fonction de l'altitude (figure 8), ce stock de carbone est élevé dans les SC de Na3 avec 32,82tC/ha, mais, il baisse dans les SC (21,92tC/ha) de Na2. Dans les SM,

**Tableau 3: Répartition des moyennes de stocks de carbone par pool de séquestration de carbone en fonction des types de SAFCs (t/ha)**

Catégories de SAFs	Musacées	Arbres forestiers	Fruitiers	Coffea sp	Herbacées
SI	1,21	7,99	161,5	9,83	0,00059
SM	1,25	23,98	23,11	13,92	0,00010
SC	0,75	1106,42	12,24	2,12	0,00025
Moyenne et écart-type/pool	<sup>b</sup> 1,07±0,27	<sup>a</sup> 379,47±629,61	<sup>a</sup> 65,65±83,21	<sup>a</sup> 24,98±1,65	<sup>b</sup> 0,00031±0,00025

Notes : Les valeurs qui ont la même lettre ne sont pas significativement différentes. Les valeurs qui ont les lettres différentes sont significativement différentes.

**Tableau 4 : Répartition des moyennes des stocks de carbone par pool de séquestration en fonction des niveaux d'altitude (tonnes/ha)**

Niveaux d'altitudes	Musacées	Arbres forestiers	Fruitiers	Coffea sp	Herbacées
Na1	1	29,09	20,1	6,46	0,00022
Na2	1	1099,25	174,27	9,07	0,00056
Na3	1,17	10,06	20,66	10,34	0,00016

cette quantité décroît de Na1 (59,82tC/ha) vers Na2 (29,66tC/ha), tandis que dans les SI elle croît de Na2 (57,07tC/ha) vers les SI de Na3 (25,01tC/ha).

### 3.3.3. Répartition des stocks de carbone en fonction des pools de séquestration

Les tableaux 3 et 4 représentent les stocks de carbone en fonction des différents pools. Du tableau 3, il ressort que les stocks de carbone des espèces arborescentes diminuent significativement (sig = 0,000) des arbres forestiers (379,47tC/ha) aux herbacées (0,00031tC/ha). Les forestiers et les fruitiers disposent en effet d'un potentiel de séquestration plus élevé. La différence entre leurs stocks moyens (379,47tC/ha et 65,65tC/ha) et ceux des autres pools est significative. Par contre, il n'y a pas de différence palpable entre les stocks de carbone des Musaceae et ceux des herbacées (1,07tC/ha et 0,00031tC/ha respectivement), cependant, ceux-ci sont significativement différents des stocks de caféiers (24,98tC/ha).

Les stocks des Musacées sont constants dans toutes les catégories de SAFs (1tC/ha). Celui des ligneux forestiers étant significativement croissant des SI (7,99tC/ha) aux SC (1106,42tC/ha). Par contre, le stock de carbone des fruitiers baisse des SI (161,42tC/ha) aux SC (12,24tC/ha). Quant au stock de carbone caféier, celui-ci diminue des SM (13,92tC/ha) aux SC (2,12tC/ha), contrairement aux herbacées dont le stock faiblit des SI (0,0059tC/ha) aux SM (0,00010tC/ha).

Par ailleurs, le tableau 4 révèle que les Musacées détiennent le même potentiel de séquestration,

quel que soit le niveau d'altitude (1tC/ha). Aucune différence n'est observée entre le stock des caféiers aux différents niveaux d'altitude. A contrario, les stocks des arbres forestiers baissent de Na2 (1099,25tC/ha) vers Na3 (10,06tC/ha). Quant aux fruitiers ils évoluent de Na1 (2tC/ha) vers Na3 (320,66tC/ha) avec un pic en Na2 (174,27tC/ha). Il en va de même des herbacées qui augmentent (sig = 0,72) de Na1 (0,00022 tC/ha) vers Na3 (0,00016tC/ha) avec un maximum en Na2 (0,00056tC/ha).

Il résulte des tableaux 3 et 4 que les Musaceae et les caféiers des SAFCs sur le versant oriental des monts Bamboutos détiennent, au même titre que les herbacées, un potentiel de séquestration de carbone relativement faible, comparativement aux essences forestières et les fruitiers, quels que soient les niveaux d'altitude, en dépit de leur forte densité comme le relève l'analyse structurale. Les forestiers des SAFs convertis et de Na2 du versant séquestrent mieux que tous les autres pools à différents gradients.

### 3.3.4. Répartition des stocks de carbone du versant en fonction des catégories de SAFCs et du niveau d'altitude

En fonction des types de SAFCs, les stocks de carbone du versant oriental des monts Bamboutos (tableau 5) croissent significativement (sig = 0,04) des SM (52,19tC/ha) vers les SC (1120,21tC/ha). Les SC ayant un potentiel moyen de 1120,21tC/ha jouent un rôle majeur sur l'ensemble du versant en termes d'atténuation des changements climatiques. En effet,

**Tableau 5 : Stocks de carbone du versant en fonction des types de SAFs et des niveaux d'altitude (t/ha)**

Niveaux d'altitude (Na)	SAFs Intensifiés (SI)	SAFs Maintenus (SM)	SAFs Convertis (SC)	Moyenne et écart-type /Na	P-Value
Na1	17,47	63,17	22,38	<sup>a</sup> 34,34 ± 25,08	<b>P &lt; 0,05</b>
Na2	477,33	49,95	3 304,27	<sup>b</sup> 127,18 ± 1768,46	
Na3	27,12	43,49	34	<sup>a</sup> 34,87 ± 8,21	
Moyenne et écart-type /type de SAFs	<sup>a</sup> 173, 97 ± 262,75	<sup>a</sup> 52,20 ±10,03	<sup>b</sup> 1120, 21±1891,45	448,79 ± 584,64	

Notes : Entre les lignes et/ou les colonnes, les valeurs qui ont la même lettre ne sont pas significativement différentes. Les valeurs qui ont les lettres différentes sont significativement différentes

ces SC disposent de plus de 83% du carbone total des SAFs échantillonnés. Le Test d'ANOVA à un facteur révèle d'ailleurs qu'à un niveau significatif de 5%, la différence de stocks moyens de carbone entre les SC (1120,21tC/ha) et les SI (173,97tC/ha) est significative (sig = 0,045). Cette différence est aussi significative (sig= 0,040) entre les SC (1120,21tC/ha) et les SM (52,20tC/ha). Cependant, entre les stocks moyens de carbone des SI (173,98tC/ha) et des SM (52,19tC/ha), il existe une différence non significative.

Il ressort du tableau 5 que les stocks de carbone évoluent des SI de Na1 (17,47tC/ha) vers les SI de Na2 (477,33tC/ha). Par contre, ceux des SM décroissent avec l'altitude avec en Na1, 63,17tC/ha et en Na3 43,49tC/ha. Par ailleurs les stocks de carbone des SC croissent de Na1 (22,38tC/ha) vers Na2 (3.304,27tC/ha). Toutefois, les moyennes respectives de 17,47tC/ha, 477,33tC/ha et 27,12tC/ha des SI de Na1, Na2 et Na3 avec une moyenne entre gradient de 173,97tC/ha est assurée à 92% par Na2 et à 5% par Na3.

Les SM du versant oriental des monts Bamboutos stockent en moyenne 52,20tC/ha. Ce stock de carbone est assuré à 40% par les SM de Na1 qui accumulent 63,17tC/ha, suivi de ceux de Na2 et Na3 avec 49,95 tC/ha et 43,49tC/ha respectivement. Ces résultats permettent d'affirmer que le stock de carbone des SM des HTO diminue avec l'altitude.

Similaire à celui des SI, le carbone des SC des HTO est stocké à 98% en Na2 avec une moyenne de 3304,27tC/ha. Cette valeur moyenne surplombe celle de Na3 et Na1 (34tC/ha et 22,38tC/ha), et explique une présence importante d'*Eucalyptus sp* dans les SC de Na2.

Le test d'ANOVA (tableau 5) révèle que les stocks de carbone des SAFCs des HTO augmentent significativement (sig = 0,0001) du Na1 (34,34tC/ha) vers Na2 (1.277,18tC/ha). Ainsi, le carbone emmagasiné par les SAFCs du versant oriental des monts Bamboutos dépend particulièrement de Na2

qui détient 95% (1 277,18tC/ha) du potentiel. Na3 et Na1 séquestrent respectivement 3% et 2% avec des moyennes de stocks respectifs de 34,87tC/ha et 34,34tC/ha. Il existe par ailleurs une différence significative entre les stocks moyens de carbone de Na2 et de Na1 (sig=0,024) tout comme entre les stocks moyens de carbone de Na2 et Na3 (sig = 0,065). Par contre, il n'existe aucune différence significative (P >0,05) entre les stocks moyens de carbone de Na1 et Na3 avec respectivement 34,34tC/ha et 34,85tC/ha.

Les SAFCs du versant oriental des monts Bamboutos séquestrent en moyenne 448,79tC/ha. Cette provision en carbone varie significativement en fonction des pools de séquestration, de catégories de SAFCs et des niveaux d'altitude. Des arbres forestiers vers les herbacées, les stocks de carbone diminuent significativement, des SM vers les SC. Ces réserves de carbone croissent significativement de Na1 vers Na2 et décroissent en Na3 tout en étant constant entre Na1 et Na3.

### 3.4. Valeur carbone des SAFCs du versant oriental des monts Bamboutos

L'affectation des coûts aux émissions de CO<sub>2</sub> évitées et d'autres GES a été reconnue par le protocole de Kyoto (1997) comme l'un des moyens de lutte efficaces contre les changements climatiques. Pour évaluer la valeur du carbone stocké par les SAFCs, il a été nécessaire de convertir les stocks de carbone en CO<sub>2</sub> équivalent qui est l'unité d'échange sur le marché carbone. C'est cette valeur écologique qui donne droit à l'obtention des CER (Certificats d'Emissions Réduites) (Glenn, 2008). En considérant la valeur de 8€/tonne équivalente de CO<sub>2</sub> séquestré (Héraud, 2017), la valeur écologique évaluée dans le cadre de cette étude est fonction des pools de séquestration, de catégories de SAFCs et des niveaux d'altitude.

Suivant les pools, la répartition de la valeur carbone des SAFCs est récapitulée aux tableaux 6 et 7. Il ressort du tableau 6 que cette valeur croît significativement

**Tableau 6 : Valeur du carbone des SAFCs en fonction des pools de carbone**

Pools de séquestration	Moyenne et écart-type valeur écologique/ pool	P-value
<i>Musaceae</i>	<sup>a</sup> 31 ± 7,93	<b>P &lt; 0,05</b>
Ligneux forestiers	<sup>b</sup> 11 141, 28 ± 18 526,15	
Fruitiers	<sup>b</sup> 1 925, 2 ± 2 240,96	
<i>Coffea spp.</i>	<sup>a</sup> 77 ± 48,53	
Herbacées	<sup>a</sup> 0, 00934 ± 0,00025	

Notes : Les valeurs qui ont la même lettre ne sont pas significativement différentes. Les valeurs qui ont les lettres différentes sont significativement différentes

**Tableau 7 : Valeur du carbone en fonction des types de SAFCs et des niveaux d'altitude (€/ha)**

Types de SAFs Niveaux d'altitude	Valeur systèmes intensifiés (€/ha)	Valeur systèmes maintenus (€/ha)	Valeur systèmes convertis (€/ha)	Moyenne et écart-type par niveau d'altitude (€/ha)	P-value
Valeur Na1	513,08	1 854,84	657,1	<sup>a</sup> 1 008,34 ± 7 36,61	<b>P &lt; 0,05</b>
Valeur Na2	14 014,68	1 466,7	97 013,42	<sup>b</sup> 37 498,25 ± 51 922,08	
Valeur Na3	796,4	1 275,6	998,24	<sup>a</sup> 1 023,4 ± 240,58	
Moyenne et écart-type/Types de SAFs	<sup>a</sup> 5 108 ± 7 714,66	<sup>a</sup> 1 532, 38 ± 295,15	<sup>b</sup> 32 889,57 ± 55 533,13	13 176,68 ± 21 063,11	

Notes : Entre les lignes et/ou les colonnes, les valeurs qui ont la même lettre ne sont pas significativement différentes. Les valeurs qui ont les lettres différentes sont significativement différentes

(sig = 0,000) des herbacées (0,00934€/ha) vers les forestiers (11141,28€/ha).

En fonction des catégories de SAFCs, le tableau 7 rapporte que la valeur du carbone décroît significativement (sig = 0,04) comme au niveau des stocks de carbone et va des SAFs maintenus (1532,38€/ha) vers les SAFs convertis (32889,57€/ha).

En fonction du gradient d'altitude, il ressort du tableau 7 que la valeur du carbone croît significativement (sig = 0,001) de Na1 vers Na2. Cependant, Il n'existe pas de différence significative entre les valeurs écologiques des SAFCs de Na1 (1.023,4€/ha) et Na3 (1.008,34€/ha).

Le CO<sub>2</sub> séquestré par les SAFCs du versant oriental des monts Bamboutos permet ainsi d'obtenir une moyenne de 13.176,68€/ha comme rémunération éventuelle des services environnementaux des agroforêts caféiers dans le cadre du mécanisme REDD. Les SAFs convertis du versant bénéficieraient de 95% de cette rémunération si elle venait à être répartie suivant les différents types de SAFCs. En fonction des pools de séquestration, les arbres forestiers bénéficieront de 86% de la valeur totale, 95% de cette valeur étant attribuable à Na2. Il en résulte que la valeur carbone des SAFCs sur le versant oriental

des monts Bamboutos varie en fonction des pools de séquestration de carbone, des catégories de SAFs et des niveaux d'altitude. Elle décroît significativement (sig = 0,000) des forestiers vers les herbacées et croit des SM vers les SC, ainsi que de Na1 à Na2.

#### 4. Discussion

Les différents pools de séquestration de carbone des SAFCs sur le versant oriental des monts Bamboutos sont constitués de 38 espèces arborescentes et corrobore plus ou moins les résultats de Fouellefack (2015) qui a identifié environ 43 espèces arborescentes dans les SAFCs de la plaine du Noun au Cameroun. Par contre, le nombre d'espèces arborescentes associées dans les SAFCs des HTO du Cameroun est inférieur à celles identifiées par Negash (2013) dans les SAFCs de la vallée Sud-est de l'Éthiopie. Les SAFCs du Noun sont dominés par les Fabacea (Fouellefack, 2015) alors que ceux des Monts Bamboutos sont dominés par les Musaceae et les Rubiaceae avec respectivement 236 plants/ha et 246 plants/ha. Ces densités sont toutefois inférieures à celles relevées par Mbarga, (2013) qui indiquent 695 plants de Musaceae /ha. En fonction des niveaux altitudes, les SAFCs caféiers de Na1 sont plus denses (639 plants/ha) comparativement aux autres niveaux d'altitudes.

Ces résultats s'identifient à ceux de Mbarga, (2013) à la différence que ces SAFCs concentrent 186 plants/ha pour le même niveau d'altitude. Il y a lieu de relever que la densité des espèces associées à l'hectare dans les SAFCs des altitudes supérieures, est liée aux conditions climatiques. Selon Mouen et al.(2010), les Régions de hautes altitudes sont très pluvieuses avec des vents violents qui participent du développement de l'antracnose, cause du ralentissement de la croissance des végétaux et notamment du caféier.

Se rapprochant des travaux de Mvondo, (2014) sur la caractérisation des agro forêts cacaoyers et dynamique du stockage de carbone à Mbangassina au Cameroun, les résultats de cette étude révèlent qu'en fonction des pools de séquestration, les arbres forestiers sont moins denses. Néanmoins, ils séquestrent significativement plus de carbone (379,47t/ha) que les fruitiers et autres pools. Pourtant les caféiers plus denses ne séquestrent qu'environ 2t/ha. Au regard de ces résultats, l'affirmation peut être faite selon laquelle, les stocks de carbone les plus importants sont séquestrés par les arbres de plus grands diamètres quel que soit le système agroforestier mis en exergue. Ces résultats sont tout de même similaires à ceux de Negash (2013) qui affirme que plus de 80% des stocks de carbone de la biomasse (aérienne et souterraine) des SAFCs du Sud-est de l'Éthiopie sont assurés par les autres ligneux (fruitiers ou non). Ce qui laisse entendre qu'au fur et à mesure qu'une espèce arborescente gagne en diamètre, sa capacité à séquestrer le carbone augmente. Les résultats de Sunaryathy et al. (2015) révèlent dans ce sens qu'en Indonésie, le potentiel de séquestration de carbone des palmiers à huile de la biomasse aérienne seulement, varie de 5,84 kg/arbre à 823,50 kg/arbre entre 1 et 20 ans d'âge.

Le potentiel de stockage du carbone dans un système est en effet influencé par la structure diamétrique de son peuplement. Ainsi, plus les arbres de grands diamètre sont représentés dans un système, plus élevé sera son stock de carbone et inversement sinon. Par ailleurs, un système qui dispose d'un peuplement dense aura tendance à avoir des arbres de petits diamètres en raison du phénomène de phototropisme. Ce système bien que riche en individus, disposera d'un stock de carbone réduit. Le diamètre étant un puissant déterminant dans la prédiction de la biomasse ligneuse. La densité et la structure diamétrique d'un peuplement étant corrélées

En fonction des types de SAFCs ceux maintenus et intensifiés séquestrent moins de carbone que les convertis. C'est dire que les stocks de carbone décroissent des systèmes convertis vers les systèmes maintenus, contrastant ainsi avec les résultats de Tayo (2014) qui révèlent que les stocks de carbone des SAFs cacaoyers de Ngomedzap au Centre-Cameroun diminuent lorsqu'on va des forêts secondaires vers les SAFs juvéniles. Il faut toutefois noter que la plupart des SAFCs convertis des HTO du Cameroun sont investis de plusieurs espèces arborescentes (*Kola nitida*, *Persea americana*, *Prodocarpus manii*, *Albizia sp*, *Croton machrophylla*, *Eucalyptus sp*, etc.) aux paramètres dendrométriques importants. Ces résultats permettent en outre d'affirmer que la conversion des SAFCs en agro-forêts les prédisposent à de véritables puits de carbonnes.

En fonction de l'altitude, on se serait attendu que la base altitude détienne la plus forte capacité à séquestrer le carbone eu égard l'importance de la densité des espèces arborescentes qui y sont associées. Par contre, l'altitude moyenne où les SAFCs sont moins denses, enregistre 85% du carbone total du versant oriental des monts Bamboutos. En effet, à cette altitude les espèces à forts potentiels de séquestration de carbone sont associés au SAFCs pour des raisons de stabilisation des talus, de brises vents et même cadastrales. Ces résultats contrastent avec ceux de Gomadje et al. (2017) qui révèlent plutôt qu'au fur et à mesure qu'on va des altitudes inférieures aux altitudes supérieures, la capacité des arbres à stocker le carbone diminue, du fait de leurs densités et de leurs paramètres dendrométriques qui deviennent de moins en moins importants. Ainsi, quel que soit le niveau d'altitude, les SAFCs des HTO, notamment ceux du versant oriental des monts Bamboutos, contribuent à l'atténuation des Changements Climatiques par voie de séquestration de carbone. Ces SAFCs stockent 448,79 tC/ha, capacité inférieure à celle des SAFCs de l'escarpement de la vallée du Sud-est de l'Éthiopie avec 293 MgC/ha (Negash, 2013). Toutefois, dans les plaines du Noun ce potentiel est de 139,8 tC/ha (Fouellefack, 2015). Sur l'ensemble du versant oriental des monts Bamboutos, le stock de carbone caféier est de 15, 105 tC/ha. Ce stock varie en fonction des systèmes et est plus faible dans SC, suivis des SI et enfin des SM Toutefois, il n'existe pas de relation significative entre la biomasse des caféiers aux différents gradients d'altitude ( $P = 0,276$  (27,6% >10%). La valeur Fisher (1,288) quant à elle confirme

davantage l'inexistence de relation entre le stock de carbone des différents niveaux d'altitude.

Similaires à ceux de Tayo (2014), les résultats de cette étude ont révélé que la valeur monétaire décroît significativement des arbres forestiers associés vers les herbacées, des SAFs convertis vers les SAFs maintenus, et du niveau d'altitude 2 vers le niveau d'altitude 1. Cependant, en contradiction avec la valeur écologique des SAFs cacaoyers de Ngomedzap qui décroît des forêts secondaires vers les jeunes SAFs cacaoyers, celle des SAFs caféiers des HTO croît plutôt lorsqu'on quitte des SAFs maintenus pour les SAFs convertis.

## 5. Conclusion

Les résultats de cette étude relèvent que les stocks de carbone varient en fonction des pools de séquestration, des types de SAFs caféiers et du gradient altitudinal. Il en est ressorti que la valeur monétaire des SAFs des HTO croît lorsqu'on va des pools qui séquestrent mieux le carbone vers les pools à faible capacité de séquestration, des systèmes ayant un stock de carbone importants vers ceux à faible stock, et des niveaux d'altitude aux stocks importants vers les altitudes qui séquestrent moins. Cependant, il est nécessaire d'identifier les espèces à fort potentiel de séquestration de carbone qui peuvent être associées dans les agroforêts caféières afin de rendre plus important leur rôle dans la lutte contre les Changements Climatiques; approfondir l'évaluation au niveau des autres pools que sont la litière, le bois mort et le sol afin d'améliorer le bilan carbone des SAFs du versant orient des monts Bamboutos dans le cadre d'une prise en compte éventuelle de ces systèmes agroforestiers dans la stratégie nationale REDD.

## Références

**Arifin, J. (2001).** Estimasi cadangan C pada berbagai sistem penggunaan lahan di Kecamatan Ngantang, Malang. Skripsi.S1. Unibraw, Malang. *Association Française de Normalisation*, 6 p.

**Brown, S., Pearson, T., Slaymaker, D., Ambagis, S., Moore, N., Novelo, D. et Sabido, W. (2005).** Creating a virtual tropical forest from three-dimensional aerial imagery to estimate carbon stocks. *Ecological Applications*, 15(3), pp.1083-1095.

**Chave, J., Andalo C., Brown, S., Cairns, M.A., Chmabers, J.Q., Eamus, D. (2005).** Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and

balance in tropical forests. *Ecologia*. 13: 87-99.

**COMIFAC (Commission des Forêts d'Afrique Centrale) (2008).** Les forêts du Bassin du Congo. Etat des forêts 2008. *Office des publications de l'Union Européenne*, [www.observatoire-comifac.net](http://www.observatoire-comifac.net).

**Duguma, B., Gockowski, J., Bakala, J. (2001).** Smallholder cacao (*Theobroma cacao* Linn.) cultivation in agroforestry systems of West and Central Africa: challenges and opportunities. *Agroforestry systems*, 51(3), 177-188.

**Fongang, F.G. (2008).** Les mutations du secteur agricole bamiléké (Cameroun) étudiées à travers ses acteurs : Une analyse à partir des localités de Fokoué et de Galim. *Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech)* (Ex Institut National Agronomique Paris – Grignon) Spécialité : Sociologie.

**Fouellefack, M.V.C. (2015).** Diversité des services écosystémiques des ligneux dans les systèmes agroforestiers à base de caféier du département du noun. *Mémoire présenté en vue d'obtenir le diplôme de Master of science en Biologie Végétale. Université de Dschang*. Février 2015. 108p.

**GIEC (2006).** Guide pour l'inventaire national des gaz à effet de serre ; agriculture, foresterie et autre usage des terres. *Institute for Global Environmental Strategies, Japon* 4: 46-52.

**Glenn, H. (2008).** Aperçu général au MDP et le marché Carbone, Programme UNEP, RISOE, Projet CD4CDM, *Atelier sectoriel énergie*, Alger, 21p.

**Hairiah, K., Dewi, S., Agus., Velarde, S., Ekadinata, A., Rahayu, S. Van Noordwijk, M. (2010).** Measuring Carbon Stocks Across Land Use Systems: A Manual. Bogor, Indonesia. *World Agroforestry Centre (ICRAF), SEA Regional Ofce*, 155 p.

**Héraud (2017).** Le prix de la tonne de carbone sur le marché européen. 3p

**Kambire, H.W., Djenontin, I.N.S., Kabore, A., Djoudi, H., Balinga, M.P., Zida, M. et Assembe-Mvondo, S. (2015).** La REDD+ et l'adaptation aux changements climatiques au Burkina Faso: Causes, agents et institutions (Vol. 123). *CIFOR*.

**Kammeugne, K.S.L. (2015).** Mutations post-reliance caféière des systèmes agroforestiers à base de caféiers : une analyse comparative à partir des logiques paysannes des localités de Penka-Michel et



de Fokoué (Menoua, région de l'Ouest, Cameroun). *Mémoire présenté en vue d'obtenir le diplôme de Master Msc en Gestion de l'environnement. Université de Dschang*. Janvier 2015, 124 p.

**Letouzey, R. (1985)**. Notice de la carte phytogéographique du Cameroun au 1 : 500,000.

**Mbarga, A.M., Amougou, A.D., Abolo, Amang, A.M., J.A, M.B., Le Bidzanga, N., Neba, D.A. (2013)**. Structure et composition floristiques des agroforêts à base de caféiers arabica (*Coffea arabica* L.) dans les hauts plateaux de l'Ouest du Cameroun. 16p

**Mouen, B., Bieysse D., Nyassé, S., Nottéghem, J., Cilas, C. (2010)**. Role of rainfall in the development of coffee berry disease in *Coffea arabica* caused by *Colletotrichum kahawae* in Cameroon. *Plant Pathology*, 59p : 324-329.

**Mvondo, S.K.R. (2014)**. Caractérisation des agroforêts cacaoyers et dynamique du stockage de carbone à Mbangassina : cas du village Talba. *Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception des Eaux, Forêts et Chasses à la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA) de l'université de Dschang*. 108p

**Negash, M. (2013)**. The indigenous agroforestry systems of the south-eastern Rift Valley escarpment, Ethiopia : Their biodiversity, carbon stocks, and litterfall Viikki Tropical Resources Institute (VITRI). University of Helsinki. *Tropical Forestry Reports* n°44. 80p

**Ngouffo, R. (2014)**. Rapport final de l'Avant-projet de développement participatif, conservation et restauration des massifs forestiers dégradés de la Région des Monts Bamboutos à l'Ouest – Cameroun, Août 2014. 184P

**Sunaryathy, P.I., Suhasman., Kanniah, K.D., Tan, K.P. (2015)**. Estimating Aboveground Biomass of Oil Palm Trees by Using the Destructive Method. *World Journal of Agricultural Research*, 2015, Vol. 3, No. 1, 17-19. Available online at <http://pubs.sciepub.com/wjar/3/1/4> © Science and Education Publishing. DOI:10.12691/wjar-3-1-4. 3P

**Tayo, G.K.Y. (2014)**. Dynamique de la biodiversité ligneuse et des stocks de carbone dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyer au centre Cameroun: Cas de Ngomedzap. *Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Eaux, Forêts et Chasses /Master professionnel en foresterie*. 106p

**Winrock International (2005)**. Exploration du potentiel de séquestration du carbone dans les forêts classées de la République de Guinée ; *Guide de Mesure et de Suivi du carbone dans les Forêts et Prairies Herbeuses*, 39 p.

**Baumer, M. (1987)**. The potential role of agroforestry in combating desertification and degradation of the environment. *Wageningen Technical Centre for Agricultural and Rural Co-operation (CTA) (ACP-EEC Lome Convention)*.

**Moguel, P., Toledo, V.M. (1999)**. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation biology*, 13(1), 11-21.

**Torquebiau, E.F. (2000)**. "Arenewed perspective on agroforestry concepts and classification". *Sciences de la vie*, Paris. 323 : 1009-1070.

**Sanchez, S. (2002)**. Synthèse analytique sur l'évolution des systèmes de culture caféiers dans quatre zones de production du Moungo, du Kupe-manenguba, et du Nkam. *Compte-rendu des trois missions réalisées de décembre 2001 à février 2002*. CIRAD/IRAD. 52p

**Dussault, C.F. (2008)**. L'agroforesterie comme outil de Développement Durable dans les pays en voie de développement. Présenté en vue de l'obtention du grade de maître en écologie internationale. *Faculté des Sciences. Université de Sherbrook*. Québec, Canada. 118p

**Bationo, B.A., Kalinganire, A., Bayala, J. (2012)**. Potentialité des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semi arides de l'Afrique de l'Ouest : Aperçu de quelques systèmes candidats. *ICRAF Technical Manual* n°17. Nairobi : World Agroforestry Center. 50p

**Negash, M. (2013)**. The indigenous agroforestry systems of the south-eastern Rift Valley escarpment, Ethiopia: Their biodiversity, carbon stocks and litterfall. For the degree of Doctor of Science (DSc) in *Agriculture and Forestry*. Departement of Forest Sciences. Faculty of Agriculture and Forestry. University of Helsinki. 78p

**Gomadje, C., Picard, N., Gourlet, F.I.S., Rejou, Mechain, M., Freycon, V., Sunderland, T., McKey, D., Doumenge, C. (2017)**. Altitudinal filtering of large-tree species explains above-ground biomass variation in an Atlantic Central African rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, Page 1 of 12.

## Defining spatiotemporal structure of vegetation anomaly in Cameroon in relationship with rainfall between 2000 and 2013 using remote sensing data

Matsaguim N.C.A.<sup>1</sup>, Fotso-Nguemo T.C.<sup>2</sup>, Tiomo Dongfack E.<sup>3</sup>

(1) Department of Geography, University of Yaounde I, Yaounde, Centre, P.O. Box: 812, Cameroon / e-mail: nguimdoareul@yahoo.fr  
(2) National Institute of Cartography, Climate Change Research Laboratory (CCRL), Yaounde, Center, P.O. Box: 157, Cameroon  
(3) Department of Geography, University of Dschang, Dschang, West, P.O. Box: 96, Cameroon

DOI : <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.4699495>

### Abstract

Remote sensing images play an essential role in the understanding of surface conditions, particularly in regions where in situ data are lacking. For example, high temporal resolution images allow to monitor vegetation activity and to specify evolution trends. The main objective of this study was to analyze the recent spatio-temporal evolution of vegetation activity measured in each of the 360 subdivisions of Cameroon in relation to the rainfall from 2000 to 2013. The data used are NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) satellite images from the SPOT-VEGETATION (SPOT-VGT) sensor and rainfall product TAMSAT (Tropical Applications of Meteorology using SATellite) Rainfall Estimate (RFE) version 2.0. We used Moran I index and Anselin's local Moran I index to evaluate the spatial autocorrelation at the Global and Local scales.

The analysis of the relationship between NDVI and Rainfall was performed using Geographically weighted regression (GWR). The results obtained confirm the hypothesis of the existence of a spatial dependence between the different subdivisions of Cameroon on the spatial variability of vegetation activity. Moreover, this variability can be explained both spatially and temporally by the influence of rainfall. This influence is particularly strong in the Sudanese and Sahelian zones of the country where an increase in vegetation activity is observed between 2008 and 2013 following an increase in rainfall. Therefore, although human activity plays an important role in the spatio-temporal evolution of vegetation activity at the local level, i.e. within the different subdivisions of Cameroon, its influence is limited at finer scale compared to that of rainfall during this period.

**Keywords :** Remote sensing, NDVI, Rainfall, SPOT-VGT, TAMSAT RFE, Cameroon

### Résumé

Les images de télédétection jouent un rôle primordial dans la connaissance des états de surface notamment dans les régions où les données in situ sont manquantes. Les images à grande résolution temporelle permettent par exemple de réaliser un suivi de l'activité végétale et de préciser des tendances d'évolution. Cette étude avait pour objectif principal d'analyser l'évolution spatio-temporelle récente de l'activité végétale mesurée au sein de chacun des 360 arrondissements du Cameroun en lien avec celle de la pluviométrie de 2000 à 2013. Les données utilisées sont les images satellites du NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) issues du capteur SPOT-VEGETATION (SPOT-VGT) et de la pluviométrie (TAMSAT - Tropical Applications of Meteorology using SATellite version 2.0). Nous avons utilisé l'indice de Moran (I de Moran) et Anselin's local Moran I index pour évaluer l'autocorrélation spatiale au niveau Global et Local. L'analyse de la relation entre le NDVI et

la Pluviométrie a été réalisée en utilisant le Geographically weighted regression (GWR). Les résultats obtenus confirment l'hypothèse de l'existence d'une dépendance spatiale entre les différents arrondissements du Cameroun concernant la variabilité spatiale de l'activité végétale. De plus, cette variabilité s'explique tant sur les plans spatial que temporel par l'influence de la pluviométrie. Cette influence est particulièrement forte dans les zones soudanienne et sahéenne du pays où s'observe un renforcement de l'activité végétale entre 2008 et 2013 suite à une hausse de la pluviométrie. Dès lors, bien que l'activité humaine joue un rôle important dans l'évolution spatio-temporelle de l'activité végétale au niveau local, i.e. au sein des différents arrondissements du Cameroun, son influence semble se limiter à une échelle plus fine face à celle des précipitations entre 2000 et 2013. Ce résultat est conforme avec les observations faites précédemment par d'autres auteurs.

**Mots clés :** Télédétection, NDVI, Précipitations, SPOT-VGT, TAMSAT RFE, Cameroun

## 1. Introduction

In developing countries, such as those in Central Africa, poverty, population growth and concerns related to the economic development of states or communities have an immediate impact on ecosystem dynamics and environmental conservation policies (Bremner J. et al., 2010; Mosnier A. et al., 2014). In the case of forest ecosystems, the transformations, whether positive (regeneration) or negative (degradation), observed at local level are very often the result of human activities (Mayaux P. et al., 2003; de Wasseige C. et al., 2014; Hirschmugl M. et al., 2014; Tyukavina A. et al., 2018; Kleinschroth F. et al., 2019). They thus appear to be the main drivers of transformation of these ecosystems at this scale (Megevand C., 2013; Gillet P. et al., 2016; MINEPDED, 2016), which tends to minimize, if not evade, the direct influence of other drivers such as rainfall with which they are closely linked (de Wasseige C. et al., 2015), even though they are at the origin of changes observable over the long term (Zhou L. et al., 2014).

Thus, various studies have focused on the question of the role of rainfall in enhancing the vegetation activity observed in Africa since the early 2000s. Overall, they show that this increase in activity is due to an increase in rainfall observed at both local and sub-regional levels (Dardel C. et al., 2013; Gond, V. et al., 2013). This increase follows the long period of drought from the early 1970s to the 2000s (Ozer P. et al., 2003; Nicholson S.E., 2013; Evan A.T. et al., 2015; Maidment R.I. et al., 2015), which affected the region and increased anthropogenic pressure on plant resources, particularly in the Sahelian zone (Ariori S.L. et Ozer P., 2005). This positive regional dynamics of vegetation was also observed in different regions of the world for the period 1980-2013 more or less in connection with an increase in rainfall (de Jong R. et al., 2011; Liu Y. et al., 2015; Zhang Y. et al., 2017; Zhao L. et al., 2018). It therefore seems interesting to question the role of rainfall in vegetation dynamics observed at local and regional scales.

In this study, we are specifically interested in the recent spatio-temporal evolution of vegetation activity in Cameroon in relation to that of rainfall. Indeed, previous studies have highlighted an increase in vegetation activity observed within most sub-divisions in Cameroon since 2000 (Matsaguim

N.C.A. et al., 2020), particularly those located above 6°N (Djoufack-Manetsa V., 2011). We analyze its evolution at the local level (sub-division) in order to look for a spatial organization scheme likely to highlight clustering phenomena, or local specificities. Our analysis considers on the one hand the spatial dimension and on the other hand the temporal dimension of the evolution of the vegetation activity by formulating the hypothesis that there is a spatial configuration of the vegetation activity measured at the local level which accounts for a dynamics on a larger scale. Through an analysis of the global and local spatial autocorrelation, we identify the geographical areas where the dynamics are globally positive and those for which there are negative dynamics. In addition, we try to explain this dynamic with that observed at the level of precipitation.

## 2. Material and methods

### 2.1. Material

#### 2.1.1. Study Area

The chosen study area is Cameroon, one of the six countries of the Congo Basin (Figure 1). It is located between 02-13°N and 09-16°E. It has a surface area of about 475,000 km<sup>2</sup>. Its population was estimated in 2010 at 19,406,100 inhabitants unevenly distributed within 360 sub-divisions (BUCREP, 2010). Sub-divisions correspond to the basic administrative units. In biogeographical terms, Cameroon comprises six main ecosystems, the most widespread of which are the tropical savannah wooded ecosystem (166,000 km<sup>2</sup>, or 34.87% of the territory) and that of dense tropical rainforest (226,000 km<sup>2</sup>, or 47.48% of the territory) (Onana J.M., 2018). Figure 1 shows the different types of vegetation cover encountered in Cameroon between 2000 and 2007. They come from the results of the classification of NDVI images from the SPOT-VEGETATION sensor with a resolution of 1,000 m carried out by Verhegghen A. et al. (2012) for the entire Congo Basin. The results from Cameroon are shown in Figure 1 which shows 17 land cover classes.

#### 2.1.2. Data description

##### 2.1.2.1. Vegetation activity data

The vegetation activity observed in each sub-division of Cameroon was measured using a biophysical index; Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The NDVI is positively or negatively correlated to climatic parameters such as rainfall, evapotranspiration or temperature (Ji L. and Peters

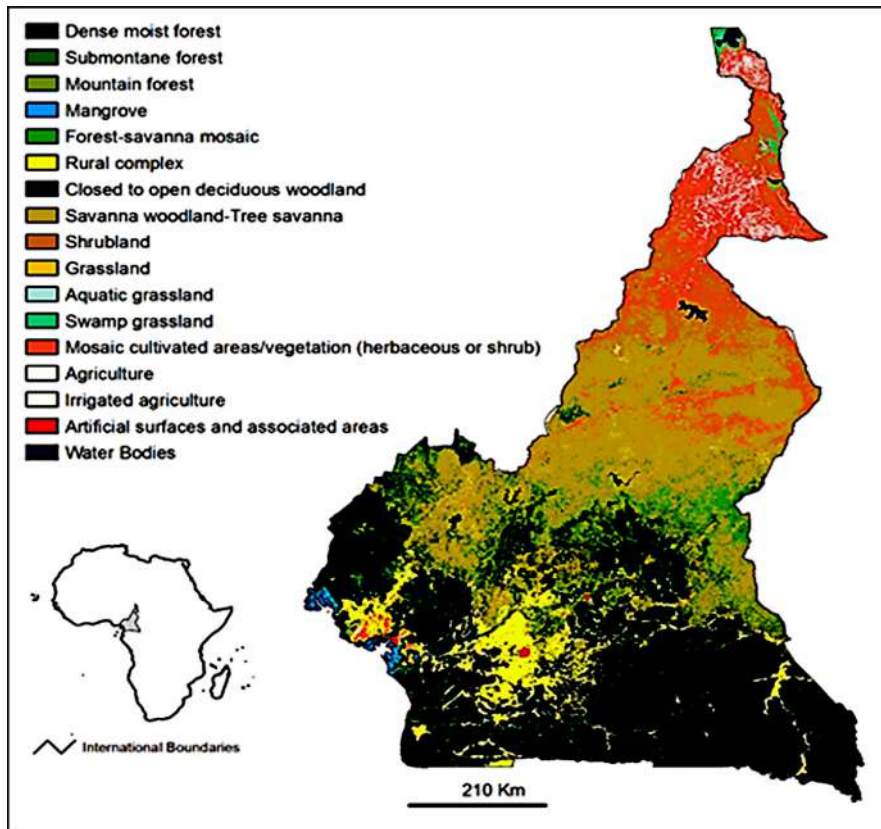


Figure 1 : Study area and vegetation cover types in Cameroon (source : Verhegghen A. et al., 2012)

A.J., 2004; Li H. et al., 2016). It therefore allows the capture of the response of vegetation to climatic variations at different spatial scales (Kogan F. et al., 2003; Jiang N. et al., 2013). Thus, a database of satellite images composed of NDVI synthesis products from the SPOTVEGETATION (SPOT-VGT) sensor onboard the SPOT 4 and SPOT 5 satellites with a pixel resolution of 1 km<sup>2</sup> has been compiled. These images are freely available on the Flemish Institute for Technological Research (VITO) website at <http://free.vgt.vito.be>. The procedures for pre-processing and acquisition of these data are described by Deronde B. et al (2014). The time window covered by the database used for this study represents 14 years (01/01/2000 - 12/12/2013). The NDVI SPOT-VGT data have been widely used to characterize the baseline phenology of the vegetation at the different scale (Lasaponara R., 2006; Verger A. et al., 2016).

#### 2.1.2.2. Rainfall data

In the context of studies on the spatial variability of climate parameters such as precipitation, the

use of satellite precipitation estimation products or "Rainfall Estimate" (RFE) has become an alternative when the network of rainfall stations is weak and the meteorological data discontinuous in time. To this end, a number of products are now available at the African scale. Among the most widely used are the TAMSAT (Tropical Applications of Meteorology using SATellite) synthesis products with a spatial resolution of 0.0375° x 0.0375°, or about 4km x 4km. For our study, we have chosen to use these data. They are TAMSAT RFE synthesis products. These data are based on thermal infrared images from the METEOSAT meteorological satellite provided by the European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT). The infrared images are calibrated using in-situ data from a network of weather stations across the continent. The distribution of the weather stations used and the procedure for calibrating TAMSAT data are described by Tarnavsky et al (2014). The TAMSAT RFE data are listed in a database: TAMSAT African Rainfall Climatology And Timeseries (TARCAT)

whose development is described by Maidment R.I. et al. (2014). We have used version 2.0 of this TARCAT database, which can be downloaded at <http://www.tamsat.org.uk/cgi-bin/data/index.cgi>. The data used cover the same period as that covered by the NDVI data.

## 2.2. Methods

### 2.2.1. Data aggregation

NDVI and precipitation data have different spatial resolutions. We first resampled the NDVI data to bring them to the same spatial resolution as the rainfall data. Subsequently these two datasets were reprojected in the same geographic coordinate system as the data representing the boundaries of the different sub-divisions of Cameroon. Using Zonal statistical tool, mean value of NDVI and sum of rainfall were calculated for each sub-division of the country by year. At the end of the data aggregation process, each sub-division had 14 NDVI and 14 rainfall values for the period 2000 - 2013.

### 2.2.2. Spatial Statistics: Detecting Spatial Autocorrelation

To measure spatial dependence of vegetation anomaly at the global scale, we used methods derived from spatial statistics. These methods allow us to calculate indices that measure spatial autocorrelation within geographic data. Spatial autocorrelation is the correlation, positive or negative, of a variable with itself due to the spatial location of the observations (Feuillet T. et al., 2018). Spatial autocorrelation indices measure the spatial dependence between values of the same variable at different locations in space. The more the values of observations are influenced by the values of observations that are geographically close to them, the higher the spatial autocorrelation (Feuillet T. et al., 2018). Among these indices, we can distinguish those that measure dependence at the global scale: Moran's I index; and those that measure it at the local scale: Anselin's local Moran I index.

To be able to find hot spot or Cluster and outlier in our data, we used one spatial statistical tools: hot spot analysis and cluster and outlier analysis (Anselin's local Moran's I). Hot spot analysis tool was used to identify statistically significant spatial clusters of high values (hot spots) and low values (cold spots). The cluster and outlier analysis was used to identify clusters of heterogeneous values where sub-divisions

with high values of NDVI statistics are surrounded by sub-divisions with low values, or inversely.

However, the results of these different tools for measuring spatial autocorrelation depend closely on the conceptualization of spatial relationship that has been used (Feuillet T. et al., 2018). It is therefore very important to correctly choose the right conceptualization of the spatial relationship approach. This choice depends on the phenomenon being studied and the type of geographic data used (point, line or polygon) (ESRI, 2020). We have retained as a criterion of neighbourliness Queen contiguity of order 1 based on our data type.

### 2.2.3. Geographically Weighted Regression: Spatial Lag and Spatial Error Models

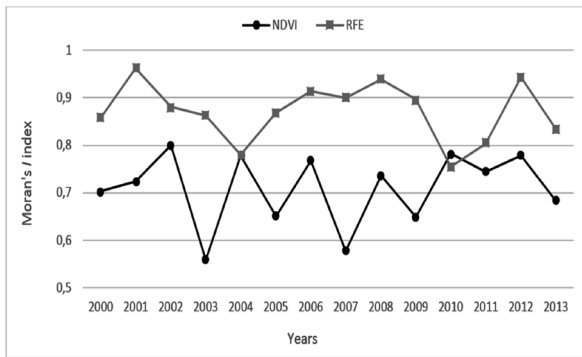
Geographically weighted regression (GWR) can be performed in the presence of spatial autocorrelation. GWR accounts for distinctions between spatial similarity between the dependent and independent variables. Ordinary least squares (OLS) and other simple statistics do not do this. Spatial lag models (SLM) and spatial error models (SEM) are two types of GWR. Spatial lag models produce a spatially lagged variable on the right hand side of a regression equation. A spatial error model (SEM) considers the estimation of maximum likelihood of a spatial regression model that includes a spatial autoregressive error term on the right hand side of the regression equation.

Moran's I was calculated to determine if spatial dependence was an issue. If the data was determined to be spatially autocorrelated, then a series of LaGrange multiplier (LM) test statistics were computed. The results of the LM would then indicate which GWR model, spatial lag model or spatial error model would be used in the final analysis.

## 3. Results

### 3.1. Measurement of the global spatial structure of vegetation activity from 2000 to 2013 in Cameroon

To evaluate the spatial heterogeneity of the NDVI anomaly over the whole of Cameroon, we used Moran's I index. It varies between -1 (negative spatial autocorrelation: neighbors have opposite values) and +1 (positive spatial autocorrelation: neighbors have similar values, existence of a cluster structure of spatial units). The spatial autocorrelation is null when the index is close to 0 (Feuille T. et al.,



**Figure 2: Evolution of Moran's I statistic applied to NDVI anomaly data for the period 2000-2013. The global spatial autocorrelation test was performed with 999 permutations ( $p$ -value=0.0010).**

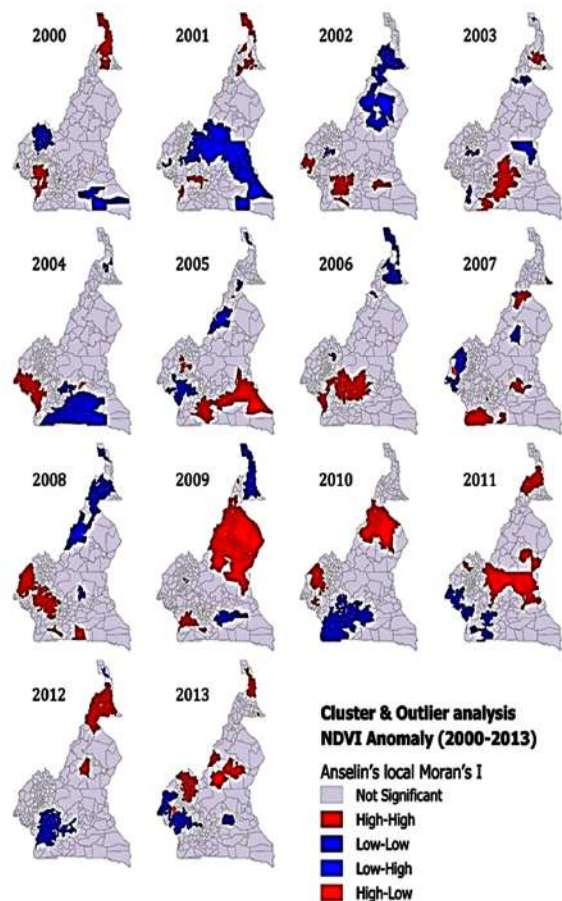
2018). This index therefore measures the degree of similarity of values (hereafter, NDVI anomaly) between neighbouring spatial units (hereafter, subdivisions) at the scale of the entire study area.

In this study, all Moran's Index I values calculated for the period 2000-2013 are significantly positive with a critical value of  $p=0.0010$  (figure 2). It indicates that these values are geographically concentrated. Data on NDVI anomalies measured at the scale of each subdivision in Cameroon show spatial similarity with Moran's Index I values that range from 0.70 in 2000 to 0.68 in 2013. However, its values vary annually with a minimum of 0.56 in 2003 and a maximum of 0.80 in 2002 (figure 2). With respect to rainfall anomalies also measured at the subdivision level for the same period, the higher Moran I Index values indicate a greater geographical concentration at the global level (figure 2). They range from a low of 0.76 in 2010 to a high of 0.96 in 2001. This seems normal given the type of data used (Rainfall Estimates).

### 3.2. Analysis of the local spatial autocorrelation of vegetation activity from 2000 to 2013

However, Moran's statistic is a global statistic that does not allow us to evaluate the local structure of spatial autocorrelation. To do this, the Local Indicator of Spatial Association (LISA) was used (Feuille T. et al., 2018). These local cluster detection methods was usefull to determine whether, for each spatial unit, similar NDVI anomaly values are observed in neighbouring units. They have thus permit to reveal regional trends.

The spatial variability of NDVI anomalies measured at the scale of the different sub-divisions of



**Figure 3: Evolution of the local spatial structure of the NDVI anomaly for the period 2000-2013 in Cameroon. The global spatial autocorrelation test was performed with 9999 permutations ( $p$ -value=0.0010).**

Cameroon between 2000 and 2013 shows a regional trend. Figure 3 highlights the existence of regional clusters according to whether the vegetation activity observed at the local scale (hereafter, a subdivision) presents a positive (High-High) or negative (Low-Low) spatial dynamic. The measurement of local spatial autocorrelation allows to underline statistically significant spatial discontinuities at the threshold  $p$ -value=0.0010 (Figure 3). Thus, in 2000 and 2001, negative regional dynamics of vegetation activity were observed mainly in the southern part of the country where forest ecosystems dominate. On the other hand, positive regional dynamics are observed mainly in the Sahelian zone. This apparent latitudinal discontinuity is more apparent in 2001, in contrast to 2000 (figure 3). Between 2002 and

**Table 1: Results of Ordinary Least Squares (OLS) analysis and Regression diagnostics on NDVI anomaly**

Years	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>OLS ESTIMATORS</b>														
R-squared:	0.03 1154	0.12 2644	0.10 1335	0.00 3333	0.02 4858	0.11 8542	0.23 8009	0.003 219	0.235 901	0.000 088	0.003 742	0.04 0941	0.38 1027	0.10 4770
Adjusted R-squared:	0.02 8448	0.12 0193	0.09 8824	0.00 0549	0.02 2134	0.11 6079	0.23 5880	0.000 434	0.233 766	- 0.002 706	0.000 959	0.03 8262	0.37 9298	0.10 2269
F-statistic:	11.5 119	50.0 442	40.3 685	1.19 715	9.12 609	48.1 451	111. 822	1.156 01	110.5 25	0.031 3362	1.344 6	15.2 824	220. 378	41.8 972
Prob (F-statistic):	0.00 0768 873	7.95 431e -012	6.39 364e -010	0.27 4627	0.00 2701 05	1.86 354e -011	6.33 383e -023	0.283 021	1.043 1e- 022	0.859 612	0.246 998	0.00 0110 728	3.47 927e -039	3.17 047e -010
<b>REGRESSION DIAGNOSTICS</b>														
<b>TEST ON NORMALITY OF ERRORS</b>														
TEST	PROBABILITY													
Jarque-Bera	0.00 010	0.00 000	0.00 002	0.00 075	0.00 227	0.41 051	0.48 257	0.331 97	0.059 88	0.000 01	0.000 73	0.00 056	0.00 722	0.00 007
<b>DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY</b>														
RANDOM COEFFICIENTS														
TEST	PROBABILITY													
Breusch-Pagan test	0.18 733	0.00 088	0.01 327	0.61 794	0.07 288	0.51 561	0.57 616	0.331 97	0.256 40	0.248 27	0.099 82	0.15 388	0.56 314	0.71 471
Koenker-Bassett test	0.18 943	0.00 130	0.01 388	0.56 622	0.08 057	0.51 417	0.54 308	0.555 42	0.206 19	0.291 05	0.062 52	0.11 949	0.50 838	0.67 766
<b>DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE</b>														
FOR WEIGHT MATRIX : Queen (row-standardized weights)														
TEST	PROBABILITY													
Moran's I (error)	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.000 00	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000
Lagrange Multiplier (lag)	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.000 00	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000
Robust LM (lag)	0.09 340	0.11 849	0.00 007	0.08 472	0.00 060	0.06 889	0.00 009	0.25 969	0.005 91	0.14 407	0.00 735	0.00 002	0.00 115	0.00 951
Lagrange Multiplier (error)	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.000 00	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 001	0.00 001
Robust LM (error)	0.99 362	0.67 017	0.31 439	0.18 126	0.14 487	0.33 494	0.88 406	0.43 538	0.582 44	0.16 566	0.05 849	0.03 556	0.20 347	0.60 468
Lagrange Multiplier (SARMA)	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.000 00	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 001	0.00 001

2008, this latitudinal discontinuity seems to have reversed, as can be observed in 2002, 2006, 2007 and 2008 (figure 3). During these years, clusters of

negative NDVI anomalies are observed mainly in the northern part of the country dominated by savannah ecosystems; while positive ones are mainly observed

**Table 2: Spatial lag regression model and Regression diagnostics on NDVI anomaly**

Years	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION</b>														
R-squared:	0.705 470	0.726 631	0.811 248	0.573 892	0.792 682	0.677 498	0.772 193	0.575 185	0.757 584	0.649 079	0.796 658	0.768 388	0.766 747	0.691 917
<b>REGRESSION DIAGNOSTICS</b>														
<b>DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY</b>														
RANDOM COEFFICIENTS														
TEST	PROBABILITY													
Breusch-Pagan test	0.007 72	0.574 07	0.041 88	0.415 60	0.626 10	0.720 71	0.931 76	0.386 33	0.813 02	0.543 76	0.205 26	0.936 38	0.673 43	0.039 11
<b>DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE</b>														
SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : Queen (row-standardized weights)														
TEST	PROBABILITY													
Likelihood Ratio Test	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000	0.00 000

in the south of the country. From 2009 to 2013, the latitudinal discontinuity seems to have reversed again (figure 3). However, there is a regional trend of positive NDVI anomalies that is more widespread and is observed over a very large part of the country. Clusters of sub-divisions with negative NDVI values appear mainly in the south-western part of the country near the coastal zone (figure 3).

In view of the results from the measurement of the local spatial autocorrelation of NDVI anomalies presented in figure 3, it seems obvious that the mechanism behind it must have spatial dynamics on a larger scale. In other words, the spatial structuring of the NDVI anomalies observed between 2000 and 2013 shows the influence of factors that operate at spatial scales larger than the sub-division scale.

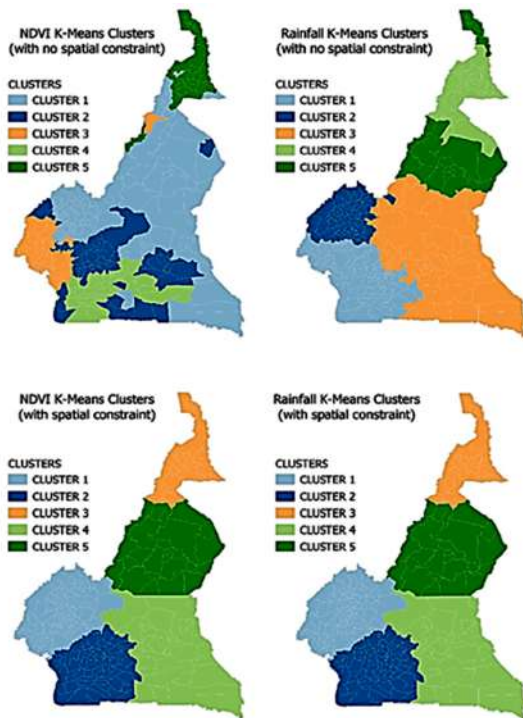
### 3.3. Analysis of the influence of rainfall on the spatial dynamics of vegetation activity from 2000 to 2013

In order to highlight the influence of rainfall on the spatial structuring of NDVI anomalies, we used Geographically Weighted Regression (GWR) which takes into account the existence of spatial autocorrelation at the NDVI data level. Indeed, the analysis of the influence of rainfall on the spatial structuring of the NDVI anomalies without taking

into account the spatial dependence from the Ordinary Least Squares (OLS) Regression shows that rainfall explains at best only 38% (R-squared and Adjusted R-squared - 2012) of the observed spatial variability of NDVI at the local scale (table 1). In most years, its influence remains quite small, sometimes less than 10% as in 2000, 2004 and 2011 for significant results (Prob (F-statistic)  $\leq 0.05$ ) (table 1). However, the results from the OLS are influenced by the presence of autocorrelation in the NDVI data. This is shown by the diagnosis of the influence of spatial dependence (Table 1). Moran's I (error) proved to be highly significant (p value = 0.000000) all years indicating that spatial autocorrelation was an issue with the data. The first two tests (LM-error and LM-lag) were both significant, indicating that the robust models are more appropriate. The robust versions were to be considered only if the standard versions were significant. In this instance, both LM-lag and LM-error were significant, so the robust versions were then used. The Robust LM-error statistic was not significant (p value  $\leq 0.05$ ) all the years, but the Robust LM-lag statistic was (p value  $\leq 0.05$ ) most of the years. Therefore, a spatial lag model is used to remove any spatial autocorrelation.

Table 2 shows the results of the spatial lag regression model on NDVI anomalies. It can be seen that by





**Figure 4a: Typology of Cameroonian sub-divisions according to their temporal profile of NDVI (left) and rainfall (right) anomalies from 2000 to 2013. The classification method used is the K-means method without spatial constraint (top) and with spatial constraint (bottom)**

eliminating the influence of spatial autocorrelation in the NDVI data, the influence of rainfall on the spatial structuring of locally observed NDVI anomalies is reinforced. Indeed, apart from some years (2003, 2005, 2007 and 2009) where its influence is less than 70% (table 2), all other years, rainfall explains between 70 and 81% of the observed spatial variability. Moreover, the results are all positive, reflecting a linear and positive relationship. Therefore, the low plant activity (negative NDVI anomaly) recorded within a sub-division between 2000-2013 was mainly explained by low precipitation (negative rainfall anomaly) that was also low there; and vice versa.

### 3.4. Analysis of the influence of rainfall on the temporal evolution of vegetation activity from 2000 to 2013

By evaluating the role of rainfall on the temporal dynamics of vegetation activity between 2000 and 2013 compared to the average condition, it appears that it is positively related to rainfall. This is shown in figures 4a and b.

Figure 4a shows the results of the classification of Cameroonian sub-divisions according to their NDVI

temporal profiles using a variant of the approach used by Matsaguim N.C.A. et al., (2020). Indeed, given the presence of spatial dependence between the sub-divisions (figure 3), the K-means partitioning algorithm including a spatial constraint was used. Taking into account the spatial relationship between the sub-divisions allowed to obtain an identical classification of the latter, whether it is about NDVI anomalies or rainfall. The figure 4a, show the results of the classification operation to be compared by not taking into account the spatial relationship between the different sub-divisions (figure 4a - top) on the one hand, and by taking it into account on the other hand (figure 4a - bottom). 05 clusters were retained. The inclusion of the spatial constraint forces the classification algorithm to create spatially contiguous clusters with relatively similar temporal profiles.

Figure 4b shows the average phenological and rainfall profiles for the different clusters obtained by including the spatial constraint and presented in figure 4a. The two temporal profiles are superimposed one on top of the other to facilitate the comparison between each one. Concerning the temporal dynamics of vegetation activity within the different sub-divisions, it shows a positive trend in four (04) clusters. These are clusters 1, 3, 4 and 5 (figure 4b). The fundamental difference between them is mainly based on the year in which this positive trend appears. Contrary to the sub-divisions belonging to Clusters 1 and 4 where the vegetation activity is experiencing a positive phase since the years 2003-2004, those belonging to Clusters 3 and 5 are experiencing a much more recent resurgence of vegetation activity which seems to be directly related to an increase in rainfall given the pattern of rainfall anomalies. These results confirm the trends shown in figure 3.

Indeed, an analysis of the correlation between the average temporal profiles of NDVI and rainfall for each of the clusters presented in Figure 4b shows a direct link of rainfall on the phenological trajectories at the level of Cameroon's sub-divisions (table 3). Table 3 shows the results of the Pearson correlation test ( $p$ -value = 95%). There is a strong and positive influence of rainfall on the evolution of vegetation activity within the sub-divisions belonging to clusters 2, 3, 4 and 5. This influence is very strong at the level of the sub-divisions belonging to clusters 3, 4 and 5 which are located in the northern and eastern part of the country. Matsaguim N.C.A. et al. (2020)

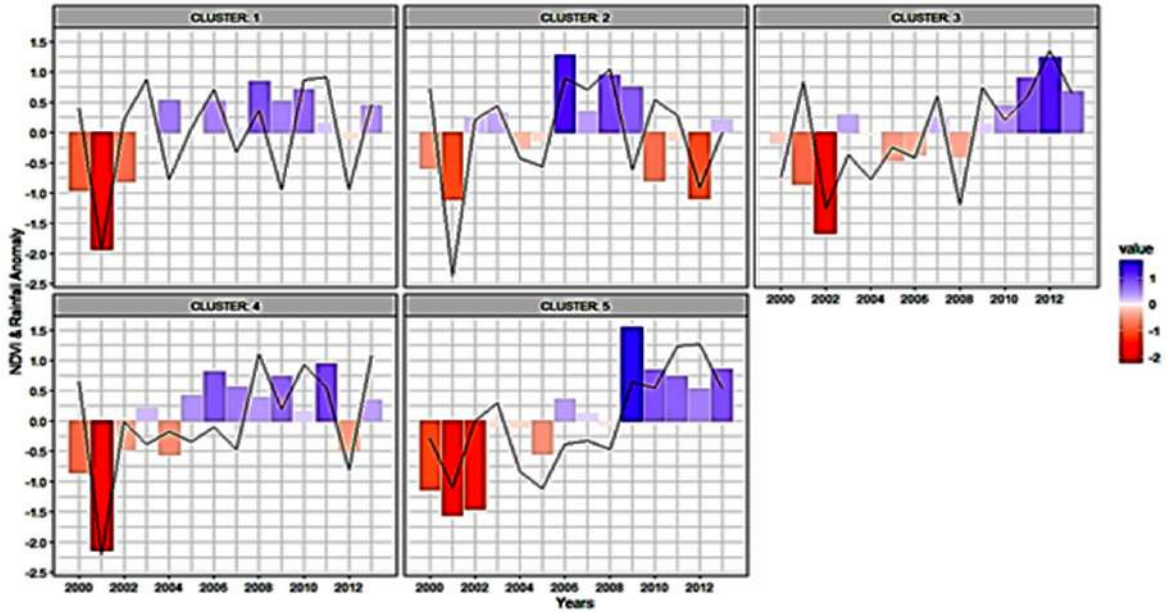


Figure 4b: Characterization of the average temporal profiles of NDVI (Histograms) and rainfall (black curve) between 2000 and 2013. Red indicates negative NDVI anomalies, while blue indicates positive anomalies

Table 3: Relationship between the average temporal profiles of NDVI and rainfall between 2000 and 2013

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
Pearson Coefficient ( <i>r</i> )	0.5168683	0.7039976	0.8281229	0.8450599	0.8989408
Pearson R-Squared ( <i>R</i> <sup>2</sup> )	0.2671528	0.4956126	0.6857875	0.7141262	0.8080945

have shown that it is in these parts of the country, i.e. particularly in the Far North, the North and the Adamawa regions, where vegetation activity shows some revival. It therefore appears that this is due to a probable increase in rainfall that would have been recorded from 2006 or 2008, especially in the northern part of the country (clusters 3 and 5) which has a Sudano-Sahelian climates.

#### 4. Discussion

Spatial interactions between spatial units can be assessed using methods derived from spatial statistics. This is a set of methods that allow describing and visualizing spatial distributions, identifying atypical locations and end points, detecting spatial association patterns, and finally suggesting spatial patterns or other forms of spatial heterogeneity. In the framework of this study, we were able to demonstrate the existence of spatial dependence between the vegetation activity observed within a sub-division and that observed in its neighbors over the course of a year. With the help of NDVI, it was thus highlighted

the existence of a spatial pattern scheme of the vegetation activity observed at the local scale (figure 3). Similarly, it was shown that this pattern is very strongly positively related to rainfall (table 2). This is also true at the temporal scale (table 3).

These results complement those previously obtained by Matsaguim N.C.A. et al. (2020) who analyzed the temporal dynamics of vegetation activity from 2000 to 2013 within the various sub-divisions of Cameroon compared to the situation observed in 1999. They thus highlighted a positive dynamic of vegetation activity observed in nearly 50% of the country's sub-divisions. It was observed mainly in the regions located in the northern and eastern parts of the country. It would seem that the main factor at the origin of this enhancement of the vegetation activity is rainfall. However, it is important to note that these results are partly related to the data we used, especially with regard to rainfall data which certainly contain estimation errors (Balas N. et al., 2007; Agha Kouchak A. et al., 2012; Toté C. et al., 2015), and to the scale of the data analysis.

Indeed, the NDVI and rainfall data were aggregated at the sub-division level, which had the effect of eliminating the localized variations present within them. It seems obvious that this has influenced our results. However, regarding the dominant role of rainfall on vegetation activity in Cameroon, Djoufack-Manetsa V. (2011) already demonstrated that rainfall was the main determinant of vegetation cover evolution north of the 1000 mm/year isohyet between 1999 and 2008 on a larger scale. This is also what our results show (Table 3) despite the difference in scales and rainfall data used.

Nevertheless, the weaker correlation between NDVI and rainfall in the south-western part of Cameroon (clusters 1 and 2) indicates that rainfall is not the only factor explaining the dynamics observed there during this period (Table 3). Other factors certainly play a predominant role with the pressure of human activities on vegetation cover due to population growth and urban expansion in the foreground (Djoufack-Manetsa V., 2011). For example, this is shown by the work of Liu Y. et al. (2015), Zewdie W. et al. (2017) and Matsaguim N.C.A. et al. (2020). It is also likely that other climatic factors also play a more determining role than rainfall on the vegetation activity in those zones (clusters 1 and 2), as indicated by Zhao L. et al. (2018), NDVI is temperature-limited at northern high-latitudes, but water-limited in arid and semi-arid regions, and radiation-limited in the tropical rainforests. Furthermore, the nature and intensity of the relationship between NDVI and different climatic parameters varies according to the type of vegetation cover, regions of the world and the main climatic limiting factor for vegetation growth (Kogan F. et al., 2003; Zhao L. et al., 2018).

## 5. Conclusion

At the end of this study whose objective was to analyze the recent spatio-temporal evolution of vegetation activity in Cameroon in relation to that of rainfall thanks to NDVI, we can retain that at the spatial level, the vegetation activity observed at the level of the various sub-divisions of Cameroon is not totally independent of that recorded within its immediate neighbors. Taking into account this spatial dependence thus makes it possible to bring out patterns of spatial association which have enabled us to bring out a form of spatial heterogeneity between on the one hand the regions of the country where positive vegetation activity is observed, and on the

other hand those where it is negative. However, this spatial heterogeneity is not stationary but varies from one year to another, giving rise to different spatial patterns. The existence of this local spatial autocorrelation therefore takes into account the fact that the main factor at the origin of the variability of vegetation activity observed within the sub-divisions of Cameroon between 2000 and 2013 acts on a larger spatial scale. This is particularly the case with rainfall whose probable increase observed between 2006 and 2013 is at the origin of the increase in vegetation activity observed mainly in the sub-divisions located in the Sudanese and Sahelian zones of the country. However, these results are partly related to the data sets used, whether it is NDVI or rainfall. Therefore, it would be very interesting as a follow-up to this work to use other datasets to compare and validate the results. Similarly, it would also be interesting to question whether or not the renewed vegetation activity observed both at the national level and at the level of the entire Congo Basin will be maintained.

## References

- Aghakouchak, A., Mehran, A., Norouzi, H., Behrangi, A. (2012).** Systematic and random error components in satellite precipitation data sets. *Geophysical Research Letters*, Vol. 39, L09406, 4 p. DOI:10.1029/2012GL051592
- Ariori, S.L., Ozer, P. (2005).** Evolution des ressources forestières en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne au cours des 50 dernières années, *Geo-Eco-Trop*, 29: 61-68.
- Balas, N., Nicholson, S.E., Klotter, D. (2007).** The relationship of rainfall variability in West Central Africa to sea-surface temperature fluctuations, *International Journal of Climatology*, Vol. 27, pp. 1335–1349. DOI: 10.1002/joc.1456
- Bremner, J., López-Carr, D., Suter, L., Davis, J. (2010).** Population, poverty, environment, and climate dynamics in the developing world, *Interdisciplinary Environmental Review*, Vol. 11, Nos. 2/3, pp: 112-126.
- BUCREP (2010).** La population du Cameroun en 2010, Cameroun, 9 p.
- Dardel, C., Kergoat, L., Hiernaux, P., Mougin, E., Grippa, M., Tucker, C.J. (2013).** Re-greening Sahel: 30 years of remote sensing data and field observations (Mali, Niger), *Remote Sensing of Environment*, Vol. 140, pp. 350–364. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2013.09.011>

- De Jong, R., De Bruin, S., De Wit, A., Schaepman, M E., Dent, D.L. (2011).** Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 115, No 2, pp. 692- 702. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.10.011>
- de Wasseige, C., Flynn, J., Louppe, D., Hiol Hiol, F., Mayaux, P. (eds). (2014).** The forests of the Congo Basin – *State of the forest 2013*, Weyrich, Belgium, 328 p.
- de Wasseige, C., Marshall, M., Mahe, G., Laraque, A. (2015).** Interactions between climate characteristics and forests. In de Wasseige, C., Tadoum, M., Eba'a Atyi, R., Doumenge, C. (Eds), The forests of Congo Basin – *Forests and climate change*, Weyrich, Belgium, pp. 53-64.
- Deronde, B., Debruyne, W., Gontier, E., Goo, R.E., Jacobs, T., Verbeiren, S., Vereecken, J. (2014).** 15 years of processing and dissemination of SPOTVEGETATION products, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 35, No. 7, pp. 2402–2420. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2014.883102>
- Djoufack-Manetsa V. (2011).** Etude multi-échelles des précipitations et du couvert végétal au Cameroun : analyses spatiales, tendances temporelles, facteurs climatiques et anthropiques de variabilité du NDVI. *Thèse de Doctorat, Université de Yaoundé I, Université de Bourgogne*, Cameroun, France, 303p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00690359/document>
- ESRI. Modeling spatial relationships (2020).** [consulted on the 21<sup>st</sup> December 2020]. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/modeling-spatial-relationships.htm>
- Evan, A.T., Flamant, C., Lavaysse, C., Kochar, C., Saci, A. (2015).** Water vapor–forced greenhouse warming over the Sahara Desert and the recent recovery from the Sahelian drought, *Journal of Climate*, Vol. 28, No. 1, pp. 108–123. DOI:10.1175/JCLI-D-14-00039.1
- Feuillet, T. Loonis, V., Bellefon, M.-P. (dir.). (2018).** Manuel d'analyse spatiale. Théorie et mise en œuvre pratique avec R, *Insee Méthodes* n° 131, Insee, Eurostat, 392 p.
- Gillet, P., Vermeulen, C., Feintrenie, L., Dessard, H., Garcia, C. (2016).** Quelles sont les causes de la déforestation dans le bassin du Congo ? Synthèse bibliographique et études de cas, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, Vol. 20, No 2, pp. 183-194.
- Gond, V., Fayolle, A., Pennec, A., Cornu, G., Mayaux, P., Camberlin, P., Doumenge, C., Fauvet, N., Gourlet-Fleury, S. (2013).** Vegetation structure and greenness in Central Africa from MODIS multi-temporal data, *Philosophical Transaction of the Royal Society (serie B)*, Vol. 368: 20120309.
- Hirschmugl, M., Steinegger, M., Gallaun, H., Schardt, M. (2014).** Mapping Forest Degradation due to Selective Logging by Means of Time Series Analysis: Case Studies in Central Africa, *Remote Sensing*, Vol. 6, pp. 756-775. DOI: 10.3390/rs6010756
- Ji, L., Peters, A.J. (2004).** A spatial regression procedure for evaluating the relationship between AVHRR-NDVI and climate in the northern Great Plains, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 25, No. 2, pp. 297–311. DOI: 10.1080/0143116031000102548
- Jiang, N., Zhu, W., Zheng, Z., Chen, G., Fan, D. (2013).** A Comparative Analysis between GIMSS NDVIg and NDVI3g for Monitoring Vegetation Activity Change in the Northern Hemisphere during 1982–2008, *Remote Sensing*, Vol. 5, pp. 4031-4044. DOI: 10.3390/rs5084031
- Kleinschroth, F., Laporte, N., Laurance, W.F., Goetz, S.J., Ghazoul, J. (2019).** Road expansion and persistence in forests of the Congo Basin, *Nature Sustainability*, Vol. 2, pp. 628–634. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0310-6>
- Kogan, F., Gitelson, A., Zakarin, E., Spivak, L., Lebed, L. (2003).** AVHRR-based spectral vegetation index for quantitative assessment of vegetation state and productivity: calibration and validation, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 69, No. 8, pp. 899–906.
- Lasaponara, R. (2006).** On the use of principal component analysis (PCA) for evaluating interannual vegetation anomalies from SPOT/VEGETATION NDVI temporal series, *Ecological Modelling*, Vol. 194, pp. 429-434. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2005.10.035
- Li, H., Jiang, J., Chen, B., Li, Y., Xu, Y., Shen, W. (2016).** Pattern of NDVI-based vegetation greening along an altitudinal gradient in the eastern Himalayas and its response to global warming, *Environ Monit Assess.*, Vol. 188, No 186, 10 p. DOI: 10.1007/s10661-016-5196-4
- Maidment, R.I., Allan, R.P., Black, E. (2015).** Recent observed and simulated changes in precipitation over Africa, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 42, pp. 8155–8164. DOI: 10.1002/2015GL065765.
- Maidment, R.I., Grimes, D., Allan, R.P., Tarnavsky, E., Stringer, M., Hewison, T., Roebeling, R., Black,**

- E. (2014).** The 30 year TAMSAT African Rainfall Climatology And Time series (TARCAT) data set, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol. 119, pp. 10619-10644. DOI: 10.1002/2014JD021927
- Matsaguim, N.C.A., Tiomo, D.E., Ngoufo, R. (2020).** Utilisation de séries temporelles d'images satellitaires à basse résolution pour la cartographie des trajectoires de l'activité végétale à l'échelle des unités administratives au Cameroun, *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, Vol.15, p. 12-23. DOI: 10.5281/zenodo.4043986
- Mayaux, P., Gond, V., Massart, M., Pain-Orcet, M., Achard, F. (2003).** Évolution du couvert forestier du bassin du Congo mesurée par télédétection spatiale, *Bois et Forêts des Tropiques*, Vol. 277, No 3, pp. 45-52.
- Megevand, C. (2013).** Dynamiques de déforestation dans le bassin du Congo: Réconcilier la croissance économique et la protection de la forêt, Washington, DC: World Bank, 179 p. DOI: 10.1596/978-0-8213-9827-2
- MINEPDED. (2016).** Etude des facteurs de la déforestation et de la dégradation des forêts dans le plateau sud camerounais, Cameroun, 73 P
- Mosnier, A., Havlík, P., Obersteiner, M., Aoki, K., Schmid, E., Fritz, S., McCallum, I., Leduc, S. (2014).** Modeling Impact of Development Trajectories and a Global Agreement on Reducing Emissions from Deforestation on Congo Basin Forests by 2030, *Environ Resource Econ*, Vol. 57, pp. 505–525. DOI: 10.1007/s10640-012-9618-7
- Nicholson, S.E. (2013).** The west African Sahel: a review of recent studies on the rainfall regime and its interannual variability, *ISRN Meteorology*, Vol. 2013, 32 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/453521>
- Onana, J.M. (2018).** Cartographie des écosystèmes du Cameroun, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 12, No. 2, pp. 940-957.
- Ozer, P., Erpicum, M., Démarée, G., Vandiepenbeeck, M. (2003).** The Sahelian drought may have ended during the 1990s, *Hydrological Sciences*, Vol. 48, No. 3, pp. 489–496.
- Tarnavsky, E., Grimes, D., Maidment, R., Black, E., Allan, R., Stringer, M., Chadwick, R., Kayitakire, F. (2014).** Extension of the TAMSAT Satellite-based Rainfall Monitoring over Africa and from 1983 to present, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol 53, No. 12, pp. 2805-2822. DOI: 10.1175/JAMC-D-14-0016.1
- Toté, C., Patricio, D., Boogaard, H., van der Wijngaart, R., Tarnavsky, E., Funk, C. (2015).** Evaluation of satellite rainfall estimates for drought and flood monitoring in Mozambique. *Remote Sensing*, Vol. 7. pp. 1758-1776. DOI: 10.3390/rs70201758
- Tyukavina, A., Hansen, M.C., Patapov, P., Parker, D., Okpa, C., Stehman, S.V., Kommareddy, I., Turubanova, S. (2018).** Congo Basin forest loss dominated by increasing smallholder clearing, *Science Advances*, 4: eaat2993, 12p.
- Verger, A., Filella, I., Baret, F., Peñuelas, J. (2016).** Vegetation baseline phenology from kilometeric global LAI satellite products, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 178, pp. 1–14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.057>
- Verhegghen, A., Mayaux, P., de Wasseige, C., Defourny, P. (2012).** Mapping Congo Basin vegetation types from 300 m and 1 km multisensor time series for carbon stocks and forest areas estimation, *Biogeosciences*, Vol. 9, pp. 5061–5079. DOI: 10.5194/bg-9-5061-2012
- Zewdie, W., Csaplovics, E., Inostroza, L. (2017).** Monitoring ecosystem dynamics in northwestern Ethiopia using NDVI and climate variables to assess long term trends in dryland vegetation variability, *Applied Geography*, Vol. 79, pp. 167-178. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.12.019>
- Zhang, Y., Song, C., Band, L.E., Sun, G., Li, J. (2017).** Reanalysis of global terrestrial vegetation trends from MODIS products: Browning or greening?, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 191, pp. 145–155. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2016.12.018>
- Zhao, L., Dai, A., Dong, B. (2018).** Changes in global vegetation activity and its driving factors during 1982–2013, *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 249, pp. 198-209. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.11.013>
- Zhou, L., Tian, Y., Myneni, R.B., Ciais, P., Saatchi, S., Liu Yi, Y., Piao, S., Chen, H., Vermote, E.F., Sing, C., Hwang, T. (2014).** Widespread decline of Congo rainforest greenness in the past decade, *Nature*, Vol. 509, pp. 86-90. DOI: 10.1038/nature13265

## Entre production nationale et importation, les enjeux du déficit de la production de l'huile de palme au Cameroun

Miario III L.<sup>1</sup>, Mboringong F.<sup>1</sup>, Ngom E.<sup>2</sup>, Voundi E.<sup>3</sup>, Halleson D.<sup>1</sup>, Etoga G.<sup>1</sup>, Tchindjang M.<sup>3</sup>

(1) WWF Africa - Yde Hub - Panda house Rue la Citronnelle PO Box 6776 Yaounde Cameroon / e-mail : Lmiario@wwfcam.org  
(2) Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Cameroun  
(3) Département de Géographie, Université de Yaoundé I, Cameroun

DOI : <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.4699482>

### Résumé

La question est lancinante depuis près d'une décennie: comment satisfaire la demande en huile de palme au Cameroun ? Elle préside concomitamment à des débats houleux entre les enjeux socioéconomiques et écologiques qui se formulent et participent, depuis lors, d'un véritable dilemme. Reste que la demande en huile de palme pour des besoins alimentaires et industriels est sans cesse croissante et exige d'être satisfaite. Cet article examine les stratégies des acteurs de la deuxième transformation et du gouvernement pour satisfaire la demande nationale en huile de palme. Les analyses exploitent les données et rapports des agro-industries, de la Direction des Douanes et des institutions spécialisées, notamment l'Institut

National de Statistique. Il ressort que le déficit national de production de l'huile de palme est d'environ 130 mille tonnes depuis 2013 impliquant des importations d'environ 100 mille tonnes par an. Ce déficit et ces importations sont exacerbés par les raffineries dont la capacité installée de transformation est évaluée à 1,57 millions de tonnes par an. La satisfaction de la demande en huile de palme oppose les tenants de l'importation de l'huile brute et les partisans du renforcement de la production locale. Les enjeux économiques qui alimentent ce débat s'articulent au-delà du Cameroun et concerne les pays limitrophes et lointains avec l'essor du débat sur les impacts environnementaux de la filière palmier à huile.

**Mots clés :** Cameroun, huile de palme, production, importation, déficit

### Abstract

The question has been nagging for almost a decade: how to meet the demand for palm oil in Cameroon? At the same time, she presides over heated debates between the socioeconomic and ecological issues that are emerging and, since then, have been part of a real dilemma. Still, the demand for palm oil for food and industrial needs is constantly growing and needs to be satisfied. This article examines the strategies of secondary processing actors and government to meet the national demand for palm oil. Analyses use data and reports from agro-industries, the Customs Department and specialized institutions, in particular the National

Institute of Statistics. It appears that the national palm oil production deficit has been around 130,000 tons since 2013, implying imports of around 100,000 tons per year. This deficit and these imports are exacerbated by refineries whose installed processing capacity is estimated at 1.57 million tons per year. Satisfying demand for palm oil pits proponents of importing crude oil against those in favor of strengthening local production. The economic issues that fuel this debate extend beyond Cameroon and concern neighboring and distant countries with the rise of the debate on the environmental impacts of the palm oil sector.

**Keywords :** Cameroon, palm oil, production, import, deficit

### 1. Introduction

Des études de Botanistes, Anthropologues, Ethnologues attestent de l'exploitation artisanale multi séculaire du palmier à huile par les peuples du golfe de Guinée (Zeven, 1967 et 1972 ; Blanc-Pamard, 1980 ; Dijon, 1986 ; Hartley, 1988 ; Maley,

1996a ; Linares, 1996 ; Carrère, 2013 ; Maley, 2015). Le territoire du golfe de Guinée ainsi défini va du Sénégal à la Gambie en passant par la Côte d'Ivoire le Bénin, le Togo, le Nigéria, la Centrafrique, les deux Congo, le Gabon et bien sûr le Cameroun. Par cette exploitation artisanale des palmeraies naturelles,

ces populations ont anthropisé la nature par cette plante, contribuant ainsi à sa dissémination et donc à l'extension son aire naturelle de développement (Fairhead et Leach, 1995).

La culture d'*elaeis guineensis* est donc relativement récente ; car, elle remonte à la période coloniale (Zeven, 1967 ; Hartley, 1988) dans le contexte camerounais avec les missionnaires allemands du XIX siècle. La plus vieille palmeraie est datée en 1898 dans la Région du Sud-Ouest tandis que la filière s'est structurée sous l'action des autorités coloniales (Ngom et al., 2014 ; Ndjogui, 2014 ; Iyabano, 2013, Lebailly et Tentchou, 2009 ; Elong, 2003). Dans la même veine, Ndjogui (2018) rapporte que la création par les Allemands de la Debunscha Palm Company (Debunscha Pflanzung) sur le versant Ouest du Mont Cameroun, marque le début de l'exploitation moderne du palmier à huile au Cameroun. Iyabano (2013) renchérit et renseigne que les premières plantations industrielles ont été établies en 1907 sous l'administration coloniale allemande, dans les plaines côtières autour d'Edéa où se situe l'actuelle Société des Palmeraies de la Ferme Suisse (SPFS). La culture a ensuite été développée sous le régime franco-anglais jusqu'en 1960 notamment à travers la création de la «Pamol Plantation Limited» (PAMOL) en 1928 par le groupe Unilever et la « Cameroon Development Corporation » (COMDEV) en 1947. Par le développement industriel, les politiques des États et la diversification des modes de consommation, l'huile de palme (et ses nombreux dérivés) a conquis le monde au point de devenir la plus importante huile végétale (Hoyle et Levang, 2012 ; Rivière, 2011, Shell et al., 2009 ; Voiturez, 2000). Dès lors, de grands enjeux socioéconomiques et industriels se structurent autour de sa production, sa transformation et sa commercialisation, au-delà des débats environnementaux auxquels préside cet essor.

Au Cameroun, la question du déficit de production de l'huile de palme est cruciale face à la demande qui ne cesse de croître : besoins alimentaires et industriels de transformation en produits cosmétiques de grande consommation. À l'aune des tensions qui en résultent, s'enracine depuis près d'une décennie, la question de savoir comment satisfaire la demande sans cesse croissante en huile de palme au Cameroun ? Cet article examine les stratégies mobilisées par les acteurs de la deuxième transformation et le Gouvernement pour

satisfaire la demande en huile de palme. La question est d'autant plus actuelle qu'il semble persister un flou sur les filières d'approvisionnement du marché local avec un ancrage du débat des parts respectives de l'huile de palme importée et de celle produite localement.

## **2. Matériel et Méthodes**

### **2.1. Matériel**

#### **2.1.1. Zone d'étude**

La période visée par la présente étude concerne l'intervalle 2013-2017, soit un pas de temps de cinq (05) ans. Toutefois, à cause des carences statistiques; les données antérieures et postérieures à cette période sont de temps en temps convoquées pour fixer l'analyse. Ce choix n'est cependant pas stochastique, parce que la période 2013-2017 marque le pic des fluctuations et tensions dans la filière des oléagineux au Cameroun : forte demande en huile illustrant le creusement du déficit de production (environ 130 000 tonnes en moyenne depuis 2013) et accentuations des importations de l'huile de palme brute (96 000 tonnes en 2017 et 100 000 en 2018) (Mbodiam, 2019; S.A., 2019). Certes, les tensions se poursuivent dans la filière, mais semblent s'atténuer avec, depuis près de deux (02) ans, l'inversion vers la hausse de la courbe de production de l'huile de palme, même si la question des importations subsiste.

#### **2.1.2. Collecte des données**

Face à l'absence d'une base de données complète sur la filière palmier à huile au Cameroun, les données qui servent de base d'analyses de cet article proviennent d'une compilation de nombreuses sources. Il s'agit entre autres, des rapports d'activité des compagnies agroindustrielles opérant dans le secteur du palmier à huile, les données de la Direction des Douanes et de l'Institut National de la Statistique, les extraits de journaux ainsi que les rapports des projets gouvernementaux dans le secteur du palmier à huile. Le tableau 1 synthétise les différentes sources et le procédé de collecte des données. Quatre entretiens avec des personnes ressources issues de la filière ont complété ladite collecte de données.

## **2.2. Méthodes**

### **2.2.1. Traitement des données**

Les données sur la production, la demande, les importations, les prix pratiqués et la taxation douanière sur l'huile de palme ont fait l'objet de

**Tableau 1 : Sources et acquisition des données**

Source de données	Moyen d'acquisition des données
Rapports d'activités 2012-2013 et 2014-2015 de la Société Camerounaise de Raffinage MAYA	Sollicitation par mail, puis acquisition et photocopie des documents physiques auprès de la Direction de l'entreprise
Rapports d'activités 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 et 2018 de la Société Camerounaise de Palmeraies (SOCAPALM), de la Société Africaine Forestière et Agricole du Cameroun (SAFACAM) et de La Société des Palmeraies de la Ferme Suisse (SPFS)	Téléchargement en libre accès sur le site internet de la Société financière des Caoutchoucs (SOCFIN) qui est la maison mère des deux compagnies SOCAPALM et SAFACAM. <a href="https://www.socfin.com/fr/implantations/cameroun">https://www.socfin.com/fr/implantations/cameroun</a>
Cameroon Development Corporation (CDC)	Téléchargement en libre accès sur le site internet de l'entreprise
PAMOL Plantations	Téléchargement en libre accès sur le site internet de l'entreprise
Institut National de la Statistique	Téléchargement en libre accès sur le site internet de la structure
Direction des douanes	Sollicitation par mail, puis acquisition et photocopie des documents physiques auprès des responsables
Rapports des projets gouvernementaux sur le palmier à huile	Sollicitation et acquisition à la direction de la documentation du Ministère de l'agriculture et téléchargement gratuit sur internet
Extraits de journaux (Investir au Cameroun, Voice Of Africa)	Téléchargés gratuitement en ligne

traitements statistiques et ont permis de ressortir les tendances d'évolution à l'échelle nationale. Les données qualitatives digérées dans l'analyse ont donné de circonscrire et de caractériser les défis et les enjeux dans le secteur du palmier huile au Cameroun.

### 3. Résultats

#### 3.1. Évolution de la production de l'huile de palme au Cameroun

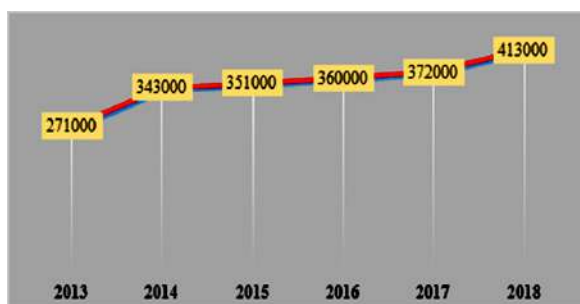
Le développement des industries alimentaires dans la filière palmier à huile justifie, en grande partie, l'inflation de la demande en produits dérivés divers. En l'occurrence, ce développement a fréquemment été associé à l'idée que seules les huiles raffinées (huile de table décolorée et désodorisée) répondraient aux attentes des consommateurs urbains (Cheyins, 2007).

La filière n'a donc cessé de se développer pour en être l'une des plus dynamique actuellement au Cameroun avec des enjeux socioéconomiques importants. Le verger industriel regroupe désormais une vingtaine de plantations de la SOCAPALM, la SAFACAM, la SPFS, la CDC et la PAMOL couvrant une superficie totale évaluée à environ 67 000 ha en 2018 (SOCAPALM, 2018). Les données du secteur traditionnel (surface plantée et production) sont fragmentaires. La surface totale des plantations villageoises est estimée à 137 000 ha en 2018, tandis que la surface cumulée des secteurs villageois et industriel est évaluée à 200 000 ha (Atcha, 2019), soit une augmentation de 17% par rapport à 2013.

Si la courbe de production de l'huile de palme a suivi la croissance de la superficie cultivée depuis les années 1960 ; ces dernières années, elle peine à satisfaire la demande qui semble évoluer plus rapidement. Concernant la période ciblée, la production de l'huile de palme a plafonné à 372 000 tonnes en 2017 (Mbodiam, 2019), pour un objectif visé de 450 000 tonnes en 2020. Toutefois, le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER) estime que cette cible avait été sous-évaluée. Il explique les résultats positifs par les actions entreprises pour cette filière notamment la mise en œuvre de la stratégie de développement de la filière huile de palme et de l'hévéa ; la prise en compte de cette filière par le projet de développement des chaînes de valeur et l'octroi des subventions par l'Union des Exploitants de Palmier à huile du Cameroun (UNEXPALM) aux producteurs. Cette production aurait atteint 413 000 tonnes en 2018 (S.A, 2019), soit une hausse substantielle de 70 000 tonnes par rapport à 2014 (figure 1), sans pour autant parvenir à satisfaire une demande évaluée à environ 1,179 millions de tonnes en 2018 (figure 2).

La demande nationale est calculée en référence à l'année 2018 et en considérant un déficit structurel moyen de la production nationale de 130 000 tonnes depuis 2013. Il s'agit en fait d'un déficit nominal calculé sur la base de 50% des capacités des entreprises de transformation. Sur la base des capacités réelles des transformateurs, ce déficit est certainement plus important. Le but est d'avoir une





**Figure 1 : Évolution de la production nationale d'huile de palme entre 2013 et 2018**

Sources : Ngom et al., 2014 ; Ntap, 2019 ; Mbodiam, 2019 ; SOCFIN, 2019

idée globale de la situation de la demande en huile de palme dans un environnement où les statistiques en la matière sont éparpillées.

La production de l'huile de palme a plafonné au cours des 15 dernières années à une moyenne d'environ 320 000 tonnes à cause, en grande partie, du vieillissement du verger industriel dont 30% a plus de 25 ans et de la faible canalisation de la production artisanale vers les unités de transformations industrielles plus performantes.

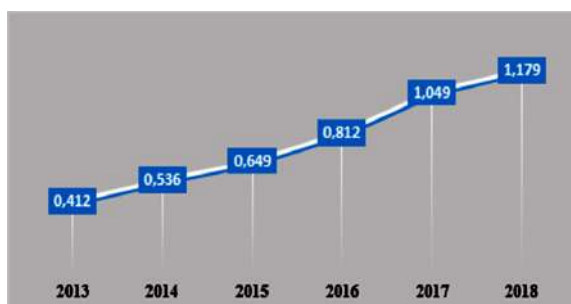
Les rendements de l'extraction de l'huile par les agro-industries sont loin d'être optimum avec une moyenne de 8 tonnes de régimes/ha, soit moins de 2 tonnes d'huile à l'hectare, mais ils restent nettement meilleur par rapport à l'extraction artisanale du secteur villageois où environ 70% de l'huile est perdu.

### 3.2. Déterminants du déficit de production et de l'évolution croissante de la demande

Les études réalisées dans la revue du secteur rural par le Ministère de l'Agriculture, avec l'appui de la Banque Mondiale en 2001-2002, révèlent que le Cameroun dispose des avantages comparatifs en termes de conditions agro-écologiques et climatiques pour la culture du palmier à huile. Toutefois, la question du déficit de la production par rapport à la demande subsiste.

#### - Les contraintes multiples de la filière palmier à huile

Les contraintes qui entravent le développement de la filière palmier à huile au Cameroun sont diverses et différentes entre filière agro-industrielle et villageoise. Dans l'ensemble, les plus significatives sont : le faible rendement du verger lié au vieillissement susmentionné (37% des surfaces sont âgés de plus de 25 ans dans les palmeraies industrielles, données



**Figure 2 : Évolution de la demande nationale en huile de palme entre 2013 et 2018**

Source : Projection à partir de la demande de 2018 (lire 0,412 \* 1000000t.)

non disponibles pour les palmeraies villageoises); les maladies, les ravageurs et la variabilité des saisons limitent les rendements et induisent une forte saisonnalité de la production. Au-delà, les coûts élevés des itinéraires techniques préconisés, le faible encadrement des producteurs villageois et l'absence des agents de vulgarisation, le faible accès au matériel végétal de qualité, aux intrants agricoles, l'inorganisation des circuits de distribution des semences et intrants, la faible capacité de production de semences, le manque d'entretien des pistes rurales et la faible performance des unités de transformation artisanale, l'absence de concertation entre agro-industries et producteurs villageois participent des limitations de la production suffisante de l'huile de palme pour satisfaire la demande.

#### - Capacité installée des industries de raffinage en hausse, accentuation de la demande en huile de palme et produits dérivés

Depuis plus d'une dizaine d'année, la production nationale ne suffit pas à satisfaire la demande des sociétés de seconde transformation (savonneries et raffineries). Cette situation tend même à s'accroître en raison des investissements réalisés par ces sociétés, qui ont augmenté leurs capacités cumulées de transformation à 1,57 millions de tonnes par an, alors que la production est restée stable (Ntap, 2019).

« Le déficit structurel de 130 000 tonnes dont nous parlons souvent est un déficit nominal, qui est différent du déficit réel. Ce déficit nominal est calculé sur la base de 50% des capacités des entreprises de transformation. Sur la base des capacités réelles des transformateurs, le déficit est effectivement beaucoup plus important, puisque comme l'a souligné le secrétaire général de l'Association de Raffineurs des Oléagineux du Cameroun (ASROC), la demande réelle des industries

**Tableau 2 : Unités de deuxième transformation de l'huile de palme au Cameroun**

N°	Nom	Ville	N°	Nom	Ville
1	Société camerounaise de raffinage MAYA et Cie (SCR MAYA & Cie)	Douala	5	AZUR SA	Douala
2	Complexe cosmétique de l'Ouest SA (CCO SA)	Bafoussam	6	Société des palmeraies de la ferme suisse (SPFS)	Edéa
3	Société camerounaise de savonnerie/raffinerie du Cameroun (SCS/RAFCA)	Bafoussam	7	Société agroalimentaire du groupe Youssa (SAAGRY)	Douala
4	Raffinerie Pacific.	Douala	8	PAMOL	Douala

de transformation aujourd'hui est de plus d'un million de tonnes » (Membre du Comité de régulation de la filière des oléagineux, 23, février 2019).

Il va sans dire que le déséquilibre entre la production et la demande est appelé à s'accroître dans les prochaines années en raison d'une contraction attendue de la production suite à l'arrêt quasi complet des activités de la CDC et de PAMOL en 2018, en lien avec les troubles dans les Régions du Sud-ouest et du Nord-ouest du Cameroun. Il est à envisager que dans un tel contexte, l'État soit amené à relever considérablement les quotas d'importation dans les années à venir.

Dans les principales villes que sont Douala, Yaoundé, Bafoussam, la forte demande en huile de palme (brute ou raffinée) et de ses produits dérivés dynamise le secteur de la transformation. Sur la base des chiffres rapportés par l'Institut National de Statistique (2018) et l'Association de Raffineurs des Oléagineux du Cameroun (ASROC), le Cameroun compte huit (08) raffineries d'huile de palme (tableau 2).

L'explosion des investissements dans les industries de transformation se double des incitations gouvernementales pour booster la production locale et satisfaire la demande en huile de palme.

En octobre 2020, le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER) a lancé un avis d'Appel d'Offres International, pour la conception, la fourniture et le montage de 3 usines d'extraction d'huile de palme avec mini centrale électrique. Ces équipements doivent avoir une capacité nominale d'extraction de 6 tonnes d'huile par heure chacune. Ces unités de transformation seront installées dans les bassins de production de la Dibamba, de Njombe-Penja et de Mbanga. Il s'agit des investissements qui rentrent dans le cadre de l'implémentation du Projet de développement des chaînes de valeurs agricoles, du MINADER et financé par la Banque Africaine de Développement (BAD).

Le déficit de la production nationale de l'huile de palme est principalement exacerbé par la demande des ménages et des unités industrielles de transformation. Ces dernières alimentent la filière d'importation de l'huile de palme brute pour utiliser au maximum leurs capacités installées de transformation et conquérir des parts de marché au niveau national et sous régional.

### 3.3. Les enjeux socioéconomiques des importations de l'huile de palme

Historiquement, l'huile produite par les agro-industries était orientée vers l'exportation (Cheyns, 2007). Aujourd'hui, à part l'usage en savonnerie et cosmétique, la production industrielle d'huile de palme du Cameroun est tournée vers les marchés locaux (nationaux et régionaux) de consommation alimentaire, soit sous forme raffinée (huile de table), soit pour la consommation d'huile rouge. Mais il reste que la demande en huile de palme ne cesse d'augmenter au gré de nombreux déterminants sus-indiqués et stimule sans cesse les importations à partir du Gabon, la Malaisie, l'Indonésie et la Thaïlande.

#### 3.3.1. Enjeux économiques au niveau national

Dès 2003, le Programme de Développement des Palmeraies Villageoises (PDPV) (Ngom et al., 2014) a été mise en place par le MINADER dans l'optique d'une meilleure organisation de cette filière et de booster son potentiel économique. Par la suite, la Stratégie de Développement du Secteur Rural (MINADER et al., 2006) puis le Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi (DSCE; MINEPAT, 2009) ont retenu le palmier à huile parmi les filières stratégiques de croissance dont le développement est susceptible de contribuer à l'émergence du Cameroun à l'horizon 2035. Cette démarche a permis de dresser l'état de lieu de la filière palmier à huile à l'interface 2013-2014. Il

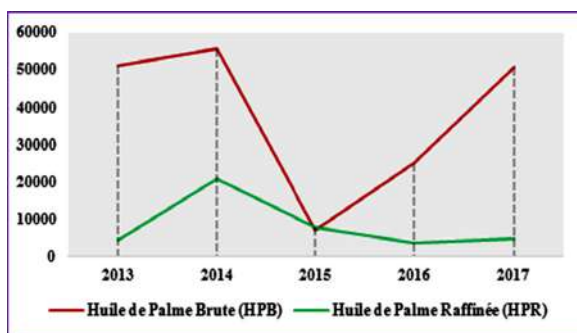


Figure 3 : Imports d'huile de palme brute et raffinée du Cameroun de 2013-2017

Sources : Ngom et al., 2014 ; Ngom, 2019 ; SOCFIN, 2019 ; 2018 et compilation des données de la Direction des Douanes (2013-2017)

en est ressorti que la filière reste marquée par de nombreuses contraintes notamment la stagnation de la production nationale et l'accentuation des importations de l'huile de palme brute liées à la forte demande des industries de la seconde transformation (figure 3). La filière des oléagineux représente aujourd'hui 9,5% du secteur industriel et 28,5% du sous-secteur des industries agro-alimentaires.

Après avoir substantiellement chuté à l'interface 2014-2015, les importations d'huile brute sont reparties à la hausse depuis la fin 2015. Pour essayer d'atténuer le déséquilibre persistant entre la production et la demande locale en huile de palme, le gouvernement autorise chaque année un quota d'importation d'huile de palme brute à des tarifs douaniers préférentiels. En 2018, 100 000 tonnes ont ainsi été autorisés, contre 96 000 tonnes en 2017. Toutefois, ces importations ne suffisent pas à couvrir la totalité des capacités installées des industries de deuxième transformation du pays, estimées par l'Association des Raffineurs des Oléagineux du Cameroun (ASROC) à 1 million de tonnes par an (Mbodiam, 2018).

En effet, ces importations d'huile de palme brute ont fini par formuler un enjeu économique pour l'État en constituant une importante poche de recettes. Sur la base les données de la Direction Générale des Douanes, les coûts d'achat de l'huile de palme brute ont varié entre 457,6 FCFA et 615,9 FCFA le kilogramme entre 2013 et 2016 avant de légèrement décroître à 588,9 FCFA en 2017. La courbe d'importation de l'huile de palme raffinée a suivi la même évolution à la hausse entre 2014 et 2017 avec un prix du Kilogramme passé de 746,1 FCFA à presque 1500 FCFA (figure 4).

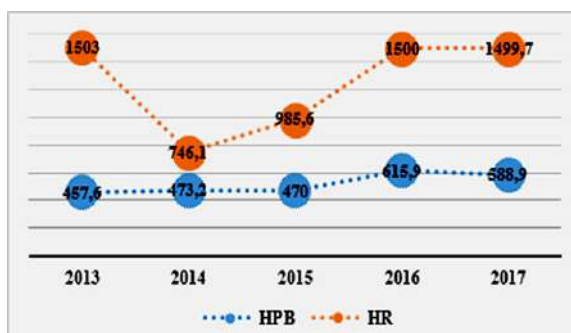


Figure 4. Évolution des prix (en FCFA) du kilogramme d'huile de palme brute et raffinée importées au Cameroun de 2013-2017

Sources : Données de la Direction Générale des Douanes du Cameroun (2018)

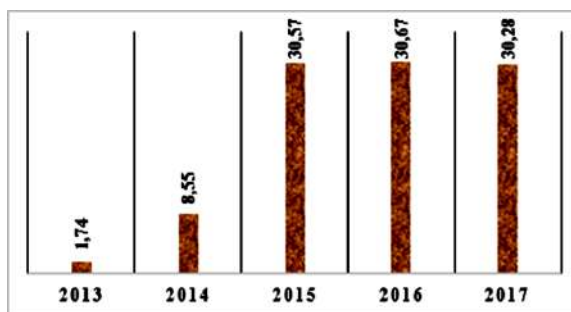


Figure 5. Évolution du taux de prélèvement douanier sur le kilogramme d'huile de palme brute importé au Cameroun entre 2013 et 2017

Sources : Données de la Direction Générale des Douanes du Cameroun (2018)

Entre 2013 et 2017, suivant les différentes autorisations d'importation octroyées aux industries de deuxième transformation, les droits de douane varie de 0% (entre 2013 et 2014) et à 5% depuis 2015. Le coût de la douane par kilogramme d'huile de palme importée a donc ainsi oscillé entre 1,74 FCFA et 30,28 FCFA avec une moyenne de 30,50 FCFA calculée sur la base d'un taux de prélèvement douanier de 5% (figure 5).

La grande différence entre les deux premières années (2013 et 2014) et les trois dernières (2015, 2016 et 2017) est qu'à partir de 2015, les autorisations d'importations ont réintroduit les droits de douane à 5%. L'on peut en déduire que les exonérations douanières (ou des taux d'imposition faibles) accordées aux importateurs de 2013 à 2014 ont constitué un manque à gagner pour les caisses de l'État. Sur la base d'un déficit de 130 000 tonnes

(admises comme valeur potentielle des importations pour combler la demande nationale en huile de palme brute) et d'un taux d'imposition douanier moyen de 30,50 FCFA/kg, la perspective de gain de l'État se chiffre à environ 3,965 milliards de FCFA. Les enjeux deviennent beaucoup plus importants avec les projections des acteurs de la deuxième transformation du Cameroun de ravitailler les marchés intérieurs de certains pays de la sous-région Afrique Centrale.

### 3.3.2. Enjeux économiques au niveau sous régional

Les industries de seconde transformation implantées au Cameroun ne dissimulent pas leur ambition : il s'agit de conquérir, au-delà du marché nationale, une compétitivité sous régionale. Le secteur de la transformation de l'huile de palme rapporte à l'État plus de 100 milliards de FCFA par an, au travers de la commercialisation à l'étranger de nombreux produits: savons, détergents, huiles végétales, margarines, bougies (Ngom et al., 2014 ; Ntap, 2019).

Le palmier à huile reste donc une filière porteuse en termes de marché national et sous régional. En effet, la littérature signale un Coût en Ressources Domestiques (CRD) de 0,5 ce qui témoigne d'une grande compétitivité de l'huile locale; Pour un produit donné, ici l'huile de palme et étant donné une technologie de production adoptée, le CRD représente la valeur des intrants non échangeables (facteurs primaires) évalués à leurs coûts d'opportunité divisée par la valeur ajoutée évaluée aux prix mondiaux. Ce taux permet de montrer si le processus de production en place utilise d'une manière efficace ou non les facteurs considérés. Un CRD inférieur à 1 indique que le pays a un avantage comparatif dans l'activité en question et que sa production devrait être encouragée. En revanche, un CRD supérieur à l'unité signifie que la valeur économique des ressources nationales utilisées par l'activité en question est supérieure au montant de devises procurées par cette activité.

Toutefois, le vieillissement des palmeraies, le mauvais encadrement des producteurs, l'insuffisance de matériel végétal de qualité, les pertes dues à la transformation artisanale sont autant de freins au déploiement sous régional de cette filière, même si l'on note d'importantes évolutions depuis 2015. En effet, en février 2018, l'UNEXPALM a procédé à la signature d'une convention avec l'État du Cameroun en vue de la mise en œuvre du Programme d'Appui à la Fertilisation de la Palmeraie Villageoise (PAFPV). D'un montant global de 3,6 milliards de FCFA,

ce programme de huit années indique l'appui du gouvernement aux acteurs de la palmeraie villageoise sous forme d'engrais subventionnés. Le PAFPV permet de réduire de 25%, le coût de l'engrais et de constituer ainsi un fonds de pérennisation sur plusieurs années (S.A., 2019). Pour les opérateurs de la filière camerounaise du palmier à huile, l'enjeu est d'améliorer substantiellement la production nationale afin de contrôler le marché sous régional de l'huile de palme. Reste que cette ambition est appelée à composer avec la concurrence des opérateurs d'autres pays de la sous-région à l'instar du Gabon et la République du Congo. Depuis 2016, le Gabon, compte parmi les pays qui ravitaillent le Cameroun en huile de palme brute. Les importations d'huile de palme à partir du Gabon ont représenté 15 mille tonnes en 2017. La filière gabonaise de l'huile de palme illustre donc déjà son emprise sous régionale.

## 4. Discussion

### *Enjeux socioéconomiques et écologiques: la durabilité de la filière en question*

Le poids économique de la filière palmier à huile ne cesse de gagner en importance au Cameroun depuis les années 1960 (Elong, 2003). Cet essor repose sur les usages multiples des produits du palmier à huile, et, pour ce qui de l'huile rouge, de ses coûts bon marché. Bien plus au Cameroun, les facteurs biophysiques favorables à sa culture et le capital traditionnel de son exploitation par les communautés font du palmier à huile une spéculation incontournable dans les modes de vie des populations. L'huile de palme s'en trouve fortement prisé sur le marché (Omont, 2010). Le déficit de sa production est non seulement le reflet de cette forte demande mais surtout des problèmes structurels qui marquent la filière au Cameroun. À la lumière des statistiques disponibles, la filière artisanale est systématiquement minorée quand bien même elle présente un potentiel de production important que Ngom (2014) estime à environ 40% de la production nationale actuelle. Reste que la surface des palmeraies aussi bien industrielles que villageoises s'agrandit pour renforcer la production nationale de l'huile de palme. Cette évolution interpelle quant aux enjeux de préservation des écosystèmes naturels et de développement durable.

Le question acquiert depuis des décennies l'assentiment du monde scientifique national (Persey, 2011 ; Rival et Levang, 2013 ; Nkongho,

2015 ; Tchindjng et al., 2016 ;), mais également, de plus en plus, du militantisme écologique à travers des organisations de protection de l'environnement (Patentreger, 2011 ; Greenpeace, 2012 ; Hoyle et Levang, 2012 ; WWF, 2016) : le développement de la culture de l'huile formule des contraintes environnementales. Dans l'ensemble, ces dernières s'identifient au triple plan : la progression de l'onde de déforestation, la perte de la biodiversité (Greenpeace, 2012 ; Meijaard et al., 2017 ; Duy Thien, 2018 ;) et des récriminations nombreuses des communautés riveraines des plantations industrielles (Elong, 2003; Tchindjang, 2014 ; Tchindjang, 2017). En gros, les palmeraies s'étalent en continue et impliquent la conversion des écosystèmes naturels et une quasi éradication de la biodiversité locale dans les pays producteurs.

Dans le contexte camerounais, ces questions alimentent l'actualité mettant la filière au-devant des débats socio-environnementaux, socioéconomiques et même sociopolitiques (Ngom et al., 2014 ; Atcha, 2019 ; Mbodiam, 2019 ; S.A, 2019). La question n'est pas nouvelle, mais reste d'actualité. Elle préside à des controverses (Tchindjang et al., 2016) dans la perspective de conciliation des enjeux sociaux, économiques et écologiques dans le secteur du palmier à huile. Et le déficit de la production nationale de l'huile de palme doublé de la croissance du marché des consommateurs ne permettent pas d'envisager un adoucissement du débat sur ces enjeux environnementaux (de durabilité) de la filière huile de palme au Cameroun. Le scandale Herakles (Greenpeace, 2013 ; Van Kote, 2013 ; The Oakland Institute, 2016) est un cas suffisamment illustratif des tensions qui peuvent naître entre des défenseurs de l'environnement et les producteurs d'huile de palme. Il faut compter avec les tensions sociales entre SOCAPALM et communautés riveraines dans les bassins de production des départements de la Sanaga Maritime et de l'Océan (Omont, 2010 ; Ekobena Iya, 2012 ; Nkongho, 2015 ; Aubert et al., 2016 ; Nka, 2017 ; Tchindjang, 2017; Ngeunga, 2018). La perspective d'une filière huile de palme durable (WWF, 2016 ; Duy Thien, 2018 ; WWF, 2020) tarde vraisemblablement à prendre corps et ne s'articule jusqu'ici qu'au seuil de belles intentions théorisées (RSPO, 2006 ; Alliance belge pour une huile de palme durable, 2018)

Pour le Cameroun, la question reste entière : comment

améliorer durablement la compétitivité de la filière huile de palme au Cameroun dans un contexte où les préoccupations socio-environnementales se sont désormais imposées comme une exigence? En filigrane, il s'agit d'un débat sur une filière aux potentialités avérées en termes d'emploi et de revenus substantiels pour l'économie nationale. Mais à l'évidence, les deux options privilégiées jusqu'ici, par les parties prenantes de la filière (avec au premier rang le Gouvernement et les raffineurs), ne permettent pas d'envisager une réponse adéquate à cette interrogation. Il s'agit d'un côté du palliatif des importations et de l'autre, notamment pour les agroindustriels, le renforcement de la production nationale par, entre autres, l'extension des domaines plantés se doublant des investissements privés, élitistes et villageois.

Dans la première approche, celle des importations, se pose structurellement trois problèmes : la concurrence (que d'aucuns qualifient de déloyale) avec la filière locale de production de l'huile de palme ; la qualité parfois douteuse de l'huile importée et, les émissions de gaz à effet de serre liés au transport par bateau à partir des pays lointains comme la Thaïlande, la Malaisie, l'Indonésie, etc.

Dans la seconde approche, le renforcement de la production locale implique directement, même en partie, un agrandissement du domaine élaiicole planté, donc le risque d'extension des palmeraies avec conversion des écosystèmes naturelles ou occupation des domaines/patrimoines fonciers des communautés villageoises. D'ailleurs, dans le «Diagnostic du secteur élaiicole au Cameroun » (Ngom et al., 2014), les auteurs indiquaient que la replantation des parcelles agro-industrielles pourrait être dans l'avenir une source nouvelle d'augmentation de la production ainsi que la mise en valeur des réserves foncières.

La conversion des forêts intactes, secondaires ou encore des terres agricoles des communautés villageoises en plantations industrielles de palmeraies dessine à l'horizon des tensions sociales et environnementales avec divers acteurs que sont les Organisations Non Gouvernementales, les communautés riveraines, les Organisations de la Société civile.

Une troisième approche s'offre pourtant, même s'il faut le reconnaître, des initiatives timides commencent à s'élaborer dans ce sens : il s'agit

du renforcement de partenariats État, agro-industries et producteurs villageois, afin d'adresser convenablement les contraintes (déficits) qui minent la filière camerounaise du palmier à huile jusqu'à ce jour. Il est question d'agir, entre autres, sur les questions de qualité du matériel végétal, d'un meilleur circuit de transformation de production villageoise (presses), où une quantité très importante d'huile de palme est perdue du fait de la précarité de l'outil de transformation. Si la production villageoise d'huile de palme est bien canalisée vers les unités performantes de transformation (le cas échéant si les communautés villageoises regroupées en GIC et coopératives peuvent s'offrir des presses modernes), elle présente une modalité pertinente d'augmentation significative de la production nationale d'huile de palme.

## 5. Conclusion

La question du déficit de production de l'huile de palme au Cameroun alimente l'actualité de la filière, avec pour constance le débat sur les approches mobilisées pour satisfaire une demande sans cesse croissante. Dans cette incertitude de solution définitive, le choix des importations et celle du renforcement de production de la filière nationale s'affrontent et parfois se conjuguent avec des enjeux socioéconomiques et écologiques divers. Les enjeux socioéconomiques se situent surtout au niveau de la deuxième transformation de l'huile de palme avec des capacités installées des raffineries largement au-dessus de la production nationale. Ce qui implique des importations d'huile de palme brute pour faire tourner à plein régime les unités industrielles. Les importations d'huile de palme brute et raffinée constituent également un enjeu économique pour l'État qui y tire d'importantes recettes fiscales. Mais au-delà, les enjeux économiques de la filière huile de palme du Cameroun dépassent largement les frontières nationales avec l'ambition assumée des opérateurs de la deuxième transformation de conquérir le marché sous régional. Sauf qu'au niveau national, la filière peine à résorber le déficit de production de l'huile de palme. Une meilleure structuration de la filière passe par un partenariat étroit entre agro-industries et producteurs villageois. Ce partenariat formule la possibilité de résorber rapidement le déficit de production de l'huile de palme brute tout en limitant l'extension des surfaces des palmeraies. L'enjeu est de tenir le pari d'une

filrière huile de palme durable dans un contexte où la culture du palmier à huile est mise au banc des activités sources de déforestation et d'érosion de la biodiversité.

## Bibliographie

**Alliance belge pour une huile de palme durable (2018).** Le mythe de l'huile de palme 100% durable les limites des initiatives volontaires : le cas de la RSPO et de l'alliance belge pour une huile de palme durable, 59 p.

**Atcha, E. (2019).** Cameroun : SOCAPALM annonce un bénéfice net de 11,3 milliards de francs CFA en 2018. [En ligne], URL : <http://socapalm.com/activites-societe-camerounaise-palmeraies/valeurs/>. Consulté le 21 mars 2020

**Aubert, M-H., Champanhet, F., Bénézit, J-J. et Talon, M-R. (2016).** Durabilité de l'huile de palme et des autres huiles végétales, *Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer- Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable*, 65 p.

**Aubreville, A. (1937).** Les forêts du Dahomey et du Togo. Bull. *Comité d'Études Hist. et Scient. Afr. Occid. Fr.*, 20, 112 p.

**Blanc-Pamard, C. (1980).** De l'utilisation de trois espèces de palmiers dans le sud du "V" Baoulé (Côte d'Ivoire). In *L'Arbre en Afrique Tropicale, la Fonction et le Signe, Cahiers ORSTOM, Sc. Humaines*, 17, pp. 247-255.

**Carrère, R. (2013).** Le palmier à huile en Afrique : le passé, le présent et le futur, Mouvement mondial pour les forêts tropicales. *Collection du WRN sur les plantations* n°15, 77 p.

**Cheyns, E. (2007).** L'huile de palme « rouge » d'Afrique un marché local tout en nuances, *Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)*, 2 p.

**Dijon, H. (1986).** Agroécologie du Palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) en zone forestière centrafricaine, Lobaye. *Mémoire ESAT, CNEARC*.

**Duy Thien (2018).** « De la déforestation à la certification de l'huile de palme durable : analyse du processus d'élaboration du label de la RSPO à travers son document de guidance ». Faculté de bioingénieurs, Université Catholique de Louvain.

[En ligne] : <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:17240>

**Ekobena, Iya, F.E. (2012).** Exploitation élaïcicole au Cameroun : épuisement d'un modèle de développement inefficace et ses conséquences socio-économiques. *Mémoire de Maitrise de l'Université du Québec à Montréal*, 147 p.

**Elong, J.G. (2003).** Les plantations villageoises de palmier à huile de la SOCAPALM dans le Bas Moungo (Cameroun) : un projet mal intégré aux préoccupations des paysans », *Les Cahiers d'Outre-Mer* [En ligne], URL : <http://journals.openedition.org/com/738>. Consulté le 01 mai 2019.

**Fairhead, J. et Leach, M. (1995).** False forest history, complicit social analysis: rethinking some West African environmental narratives. *World Development*, 23, pp. 1023-1035.

**Greenpeace International (2012).** La dernière frontière de l'huile de palme : Comment l'expansion des plantations industrielles menace les forêts tropicales. *Ottho Heldringstraat 5 1066 AZ Amsterdam The Netherlands*, 27 p.

**Greenpeace (2012).** « Cameroun : une déforestation massive travestie en projet de développement », Oakland Institute. [En ligne] ; URL : <http://www.alimenterre.org/ressource/cameroun-deforestation-massive-travestie-projet-developpement>. Consulté le 22 mars 2020

**Greenpeace (2013).** Herakles Farms au Cameroun : contre-exemple pour l'huile de palme, 21 p.

**Hartley, C.W. (1988).** The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Longman Sc. et Techn., J. Wiley Publ., New York*, 3rd Édition, 761 p.

**Hoyle, D. et Levang, P., (2012).** Le développement du palmier à huile au Cameroun, *Rapport WWF*, 16 p.

**Iyabano, A.H. (2013).** Analyse socio-économique de la filière artisanale d'huile de palme dans la région de la Sanaga-Maritime (Cameroun). *Mémoire de master en Développement Durable et Aménagement*. IAMM/Montpellier SupAgro/Université de Montpellier III. 87 p

**Lebailly, P. et Tentchou, J. (2009).** Étude sur la filière porteuse d'emploi « palmier à huile ». *Rapport final de l'Organisation Internationale du Travail et du Ministère de l'Emploi et de la Formation professionnelle*, 96 p.

**Linaires, O.F. (1996).** Les dimensions économique et symbolique d'un choix : vin de palme ou huile de palme ? In *C. M. Hladik et al. eds. L'alimentation en forêt tropicale : Interactions bioculturelles et applications au développement*, Paris, UNESCO Publ., pp. 903-921.

**Maley, J. (1996).** The African rain forest: main characteristics of changes in vegetation and climate from the upper *Cretaceous* to the *Quaternary*. *Proceed. R. Soc. Edinburg, Biol. Sc.*, 104B, pp. 31-73.

**Maley, J. (2015).** L'expansion du palmier à huile (*Elaeis Guineensis*) en Afrique Centrale au cours des trois derniers millénaires : nouvelles données et interprétations, *Travaux de la Société d'Écologie Humaine*, In « l'Homme et la forêt tropicale », *Éditeurs scientifiques : Bahuchet S., Bley D., Pagezy H., Vernazza-Licht N.* (1999), pp. 237-254.

**Mbodiam, B.R. (2019).** Cameroun : l'accélération des investissements par les raffineurs fait exploser la demande d'huile de palme, à plus d'un million de tonnes. [En ligne], URL : <https://www.investiraucameroun.com/agro-industrie/0612-11837-cameroun-l-acceleration-des-investissements-par-les-raffineurs-fait-exploser-la-demande-d-huile-de-palme-a-plus-d-un-million-de-tonnes>. Consulté le 17 mars 2020.

**Meijaard, E., Garcia-Ulloa, J., Sheil, D., Wich, S.A., Carlson, K.M., Juffe-Bignoli, D. et Brooks, T.M. (2017).** Palmiers à huile et biodiversité : *Analyse de la situation par le Groupe de travail de l'UICN sur les palmiers à huile*, 128 p.

**Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER) ; Ministère de l'Élevage, des Pêches et des Industries Animales (MINEPIA) ; Ministères des Forêts et de la Faune (MINFOF) ; Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (MINEP) (2005).** Document de stratégie de développement du secteur rural, 173p.

**Ministère de l'Économie de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (MINEPAT) (2009).** Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi (DSCE), 174 p.

**Ndjogui, T.E., Nkongho, R.N., Rafflegeau, S., Feintrenie, L. et Levang, P. (2014).** Historique du secteur palmier à huile au Cameroun. Document occasionnel 109. *CIFOR*, Bogor, Indonésie, 55 p.

**Ndjogui, T.E. (2018).** Élités urbaines et dynamiques

socio spatiales et environnementales de l'élæiculture dans le département de la Sanaga Maritime, région du Littoral, Cameroun. *Thèse de Doctorat PhD en Géographie, Université de Yaoundé I*, 480p.

**Ngeunga, M. (2018).** Imposer la vérité face aux tout-puissants : Ces villageoises qui s'opposent au géant de l'huile de palme, Bureau de Fern au Royaume-Uni, 1C Fosseyway Business Centre, Stratford Road, Moreton in Marsh, GL56 9NQ, Royaume-Uni et Bureau de Fern à Bruxelles, Rue d'Édimbourg, 26, 1050 Bruxelles, Belgique [www.fern.org](http://www.fern.org), 15 p.

**Ngom, E., Ndjogui, T.E., Nkongho, R.N., Iyabano, A.H., Levang, P., Miaro, III, L. et Feintrenie, L. (2014).** Diagnostic du secteur élæicole au Cameroun. In Feintrenie L et Levang P éditeurs. *Rapport de synthèse*. CIRAD, IRD, CIFOR, WWF-CARPO, MINADER. 43 p.

**Nka, P. (2017).** Péril sur les terres agricoles au Cameroun. *Le Quotidien de l'Économie*, n°141b, pp. 6-7

**Nkongho, R.N. (2015).** Les conditions du développement durable des plantations villageoises de palmiers à huile au Cameroun, *Thèse de Doctorat de l'Université Paul Valéry - Montpellier III*, 260 p.

**Omont, H. (2010).** Contributions de la production d'huile de palme au développement durable : Problématique générale, controverses. *OCL*, Vol. 17 ; n°6, pp. 362-367.

**Patentreger, B., Fauvelle, E. et Moluçon, C. (2011).** Huile de palme, de la déforestation à la nécessaire durabilité. WWF-France, 38 p.

**Persey, S. (2011).** Les palmiers à huile et la biodiversité peuvent-ils coexister ? *Zoological Society of London*, 12 p.

**Rival, A. et Levang, P. (2012).** La palme des controverses : Palmier à huile et enjeux de développement. *Éditions Quæ*, Paris, 98 p.

**Rivière, J-P. (2011).** L'huile de palme dans les échanges mondiaux, enjeux stratégiques et sujet de polémique. *Carl Michiels CTB-BTC*, Rue Haute, 147 – 1000 Bruxelles, 32 p.

**Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) (2006).** Principes et critères pour la production durable d'huile de palme. *Document d'orientation*, 61 p.

**S.A. (2019).** Avec une production d'huile de palme de 413 000 tonnes en 2018, le Cameroun se rapproche de son objectif 2020. [En ligne], URL : <https://www.investiraucameroun.com/agriculture/2806-12886-avec-une-production-d-huile-de-palme-de-413-000-tonnes-en-2018-le-cameroun-se-rapproche-de-son-objectif-2020>. Consulté le 23 mars 2020

**Sheil, D., Casson, A., Meijaard, E., Van Noordwijk, M., Gaskell, J., Sunderland Groves, J., Wertz, K. et Kanninen, M. (2009).** The impacts and opportunities of oil palm in southern Asia: what do we know and what do we need to know? *Occasional paper n°51* CIFOR, Bogor, Indonesia, 67 p.

**SOCFIN (2019).** Assemblée générale des Actionnaires. Luxembourg, le 28 mai 2019, *Rapport*, 38 p.

**SOCFIN (2016).** Rapport développement durable 2016, 4 avenue Guillaume, L-1650 Luxembourg, 166 p.

**SOCFIN-Afrique (2018).** Rapport annuel de l'année 2018, 131 p.

**Tchindjang, M. (2017).** Étude sur l'impact environnemental des palmeraies villageoises/élitistes sur la déforestation dans les paysages de la Sanaga Maritime et du bassin du N'dian : cas des arrondissements de Ngwéi et d'Ékondo Titi, *Rapports principal du projet Oil Palm Adaptation Landscape (OPAL)*, 171 p.

**Tchindjang, M., Levang, P., Saha, F., Voundi E. et Njombissié, Petchu, I.C. (2014).** « Impact et suivi par télédétection du développement des plantations villageoises de palmiers à huile sur le couvert forestier de au Cameroun : cas de la Sanaga Maritime (3°20'-4°40'N et 9°30'-11°20'E) ». *Rapports principal du projet PALMFORCAM, Programme géo-forafri-IRD France*, Yaoundé janvier 2015, 37 p.

**Tchindjang, M., Voundi, E., Saha, F. et Njombissie Petchu I.C. (2016).** Le dilemme environnement-développement de l'élæiculture dans la Sanaga Maritime : causes et conséquences, Secrétariat International Francophone pour l'Évaluation Environnementale (SIFEE), 19 p. [En ligne] : [http://www.sifee.org/static/uploaded/Files/ressources/actes-des-colloques/antanarivo/affiches/TCHINDJANG\\_texte.pdf](http://www.sifee.org/static/uploaded/Files/ressources/actes-des-colloques/antanarivo/affiches/TCHINDJANG_texte.pdf)

**The Oakland Institute (2016).** Backroom Bullying:



the role of the US government in the Herakles farms land grab in Cameroon. 18 p.

**Van Kote, G. (2013).** Au Cameroun, un projet géant d'huile de palme fait scandale, [En ligne], URL : [https://www.lemonde.fr/afrique/article/2013/05/23/au-cameroun-un-projet-geant-d-huile-de-palme-fait-scandale\\_3416319\\_3212.html](https://www.lemonde.fr/afrique/article/2013/05/23/au-cameroun-un-projet-geant-d-huile-de-palme-fait-scandale_3416319_3212.html). Consulté le 18 février 2020

**Voiturez, T. (2000).** Risques et incertitudes sur le marché mondial des huiles de palme, palmistes et coprah, Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Vol. 7, n°2, 14 p.

**World Wide Fund (WWF-International) (2016).**

Palm Oil Buyers Scorecard: Measuring the Progress of Palm Oil Buyers. *Sustainability, Conservation, Biodiversity*, 58 p.

**World Wide Fund (WWF-International) (2020).** Palm oil buyers scorecard: Measuring the Progress of Palm Oil Buyers, 45 p.

**Zeven, A.C. (1967).** The semi-wild oil palm and its industry in Africa. *Agricult. Research Rep.*, 689, Wageningen Univ., 178 p.

**Zeven, A.C. (1972).** The partial and complete domestication of the oil palm (*Elaeis guineensis*). *Economic Botany*, 26, pp. 274-279.

## Corridors d'extractivisme dans une région enclavée et leurs contributions au développement local : cas de l'arrondissement de Ngoyla (Région de l'Est, Cameroun)

Tatuebu Tagne C.<sup>1</sup>

(1) Département de Géographie, Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines, Université de Yaoundé I, Cameroun / e-mail : claudetagne86@gmail.com

DOI : <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.4699460>

### Résumé

*Cette étude présente la contribution des corridors d'extraction des ressources naturelles au développement local dans des territoires enclavés. À la faveur de la construction et de l'entretien des routes par les entreprises pour l'exploitation et l'acheminement des ressources prélevées, les localités traversées sont désenclavées progressivement. L'étude s'appuie sur la documentation, les entretiens et les observations de terrain pour relever la contribution des corridors d'extractivisme au développement de Ngoyla. Les résultats montrent que l'aménagement du réseau routier réalisé par les entreprises*

*installées dans la zone se présente comme un instrument de développement bénéficiant aux territoires traversés. En effet, l'infrastructure routière s'est considérablement améliorée dans l'arrondissement de Ngoyla avec l'installation des entreprises et a permis le désenclavement des villages traversés. Au plan socioéconomique cela a entraîné une augmentation rapide de la population dans certaines localités, une augmentation des prix des produits locaux et une disponibilité des produits de première nécessité et la diminution de leurs prix.*

**Mots clés :** *Corridor; développement local, extractivisme, arrondissement de Ngoyla*

### Abstract

*This paper presents the contribution of natural resource extraction corridors to local development in landlocked territories. Thanks to the construction and maintenance of roads by the enterprises for the exploitation and transport of collected resources, the crossed localities are gradually opened up. Based on documentation, interviews, field observations, investigations were carried out the contribution of extractivism corridors to local development. The results show that the development of the road network carried out by the companies established in*

*the area is presented as development instrument benefiting the territories crossed. Indeed, the road infrastructure has improved considerably in the Ngoyla subdivision with the installation of enterprises and has made it possible to open up the villages crossed. At the socioeconomic level, this has led to a rapid increase in the population in certain localities, an increase in the prices of local products and the availability of basic products and the reduction of their prices.*

**Keywords :** *Corridor; local development, extractivism, Ngoyla subdivision*

### 1. Introduction

Les corridors de transport façonnent l'espace et sont un facteur déterminant de la structuration et de l'occupation du territoire. Ils jouent un rôle important dans l'accompagnement des activités économiques, l'amélioration de la mobilité et le relèvement des conditions de vie de la population (MINEPAT, 2017).

Au Cameroun, le transport routier est le plus utilisé pour le transport des personnes et des marchandises. L'extension du réseau routier national est la combinaison des efforts de l'Etat, de la coopération internationale, des collectivités décentralisées et des entreprises privées d'extraction des ressources naturelles. Ces dernières, quoique peu nombreuses interviennent le plus souvent dans l'arrière-pays

pour l'aménagement et l'entretien des routes qui leur permet d'exploiter les ressources sollicitées.

Le réseau routier national camerounais présente de nombreuses disparités régionales. Alors que la densité moyenne du réseau s'établit en 2014 à 4,5 km/100 km<sup>2</sup>, la Région de l'Est a la plus faible densité; soit 2,7 km/100 km<sup>2</sup> (MINEPAT, 2017). Le sud de cette région, en plus de cette faible densité, possède un réseau routier exclusivement en terre. L'état de ces routes varie en fonction de la saison, du tronçon, de la régularité et de la qualité des travaux d'entretien. Ces routes sont le plus souvent tributaires des activités et des entreprises extractives présentes dans cette partie du pays.

Si Gravel (2009), considère que les nombreuses ressources non exploitées représentent un atout important pour le développement économique, à la différence des autres arrondissements qui lui sont limitrophes, l'arrondissement de Ngoyla faisait partie de la concession de conservation Ngoyla-Mintom et n'avait sur son territoire aucune entreprise extractive jusqu'en 2007 (Tatuebu, 2017). Par conséquent, il n'a donc pas bénéficié des externalités des entreprises extractives telles l'entretien sporadique des pistes par les entreprises installées. Même si de nombreux auteurs (Elong, 1984 ; Bigombe Logo, 2003) considèrent que les retombées positives des entreprises extractives sont modestes voire dérisoires dans le Cameroun méridional, ils évoquent néanmoins l'appui pour l'éducation, les emplois, les revenus, l'ouverture ou l'entretien des voies de communication, ... à l'acquis de ces dernières. Hébert et Tremblay-Pepin (2013) trouvent que l'économie générale du pays est gagnante, car le PIB croît au fur et à mesure que des ressources jusqu'alors inexploitées sont intégrées dans le processus économique. Selon eux, l'État, par la perception de redevances ou par l'effet de retombées bénéficie de l'extractivisme des ressources naturelles même s'il n'est pas forcément l'acteur central de l'activité extractive. Defo et al. (2013) et Eba'a Atyi et al. (2013) montrent que les impacts de l'exploitation industrielle du bois peuvent être significatifs au niveau local notamment en termes d'emplois, de la santé et d'amélioration du cadre vie. Ceci n'est possible, selon eux, que si les entreprises concernées vont au-delà des cahiers de charges tels qu'on les connaît depuis des années et se soumettent volontairement aux exigences des pratiques sociales de qualité comme celles de la certification. Parmi ces

impacts, comme l'ont signalé ces différents auteurs, l'ouverture et/ou l'entretien des routes constituent une priorité. Même si ces routes ont pour vocation d'assurer l'acheminement des ressources naturelles extraites, il n'en demeure pas moins vrai que les localités traversées pourraient bénéficier néanmoins de certaines externalités positives.

L'arrondissement de Ngoyla ne possède jusqu'en 2006 que 40 kilomètres de routes carrossables (Fongang et al, 2012 ; Tatuebu, 2012). Certains villages comme Eta et Menkoum sont toujours inaccessibles par route jusqu'à nos jours. Le gel de l'exploitation des Unités Forestières d'Aménagement (UFAs) de cet arrondissement, son inclusion totale dans la concession de conservation (massif forestier de Ngoyla-Mintom) et la rupture du pont sur la rivière Lélé n'ont pas permis aux entreprises extractives de s'y installer (Tatuebu, 2017). Les conditions de mobilité étaient particulièrement difficiles et favorisaient pas le désenclavement des villages. Les premiers corridors d'extraction de ressources naturelles, c'est-à-dire les routes créées et/ou entretenues par les entreprises extractives ont été créés dans l'arrondissement de Ngoyla en 2007 à la faveur de l'obtention du permis d'exploration minière par la société CamIron. Quelques années après, de nombreuses sociétés d'exploitation forestières (Gracovir, Fipcam et SIM) se sont aussi installées dans la zone ; ce qui a impacté considérablement la qualité du réseau routier, les conditions de mobilité des populations et le développement de la zone. Cependant, même si ces routes sont susceptibles d'apporter de nouvelles possibilités de développement aux localités jusqu'alors très enclavées, il faut aussi noter que les corridors d'extractivisme peuvent être aussi à l'origine de la dégradation de l'environnement naturel. Cette étude a pour objet de relever et analyser les externalités des routes créées ou entretenues par les entreprises extractives installées dans les zones enclavées sur le développement local. Elle est sous-tendue par l'hypothèse selon laquelle l'amélioration actuelle de l'infrastructure routière et ses incidences sur les dynamiques socioéconomiques dans l'arrondissement de Ngoyla sont liées à la présence des entreprises extractives. Il est question de relever les implications des corridors extractifs sur le désenclavement de l'arrondissement de Ngoyla. Pour parvenir, la première partie se consacre à l'identification des facteurs d'enclavement et à la caractérisation réseau routier de cet arrondissement avant 2007 ; la seconde identifie les réalisations des différentes entreprises extractives en

faveur de l'amélioration de l'infrastructure routière et la dernière les externalités positives de ces infrastructures et leurs contributions au développement des localités de l'arrondissement de Ngoyla.

## 2. Matériels et Méthodes

### 2.1. Matériel

#### 2.1.1 Cadre géographique

L'arrondissement de Ngoyla se situe dans le département du Haut-Nyong dans la partie sud-est Cameroun. Il s'étend entre les latitudes 2°05 N et 2°55N et les longitudes 13°38 et 14°38. Il est limité au nord par les arrondissements Yokadouma, Messok et Lomié ; à l'ouest par celui de Mintom, département du Dja et Lobo, région du sud ; à l'est par Moloundou et Salapoumbe ; au sud par le Congo. Cet arrondissement possède deux aires protégées que sont le parc national de Nki et la Réserve de faune de Ngoyla (figure 1). Sa particularité est que jusqu'en 2012, il faisait partie intégrante de la concession de conservation du massif forestier de Ngoyla-Mintom. Sa position et sa richesse en ressources naturelles fait de lui une zone d'intérêt pour de nombreux acteurs aux enjeux parfois divergents.

L'arrondissement de Ngoyla est soumis à l'influence du climat équatorial chaud et humide du type guinéen classique (Suchel, 1988). Située dans le bassin du Congo, la zone est couverte par la forêt dense sempervirente (82% de la superficie totale) avec une faune et une flore très diversifiées (Usongo et al., 2007). Elle est habitée par 4 424 personnes (BUCREP, 2010) en majorité bantou (Djem) et « pygmée » (Baka). Ces groupes humains, vivent principalement dans les villages-rues situés le long des axes routiers et des pistes. La zone est sous-peuplée avec moins d'un hab/km<sup>2</sup>, contre 41,6 pour le Cameroun et 7,4 hab/km<sup>2</sup> pour la région de l'Est. Les principales activités des populations sont l'agriculture, la chasse, la cueillette et la pêche.

### 2.2. Méthodologie

Pour parvenir aux résultats obtenus, l'étude combine l'exploitation de la documentation relative au sujet, les enquêtes par questionnaire, les entretiens et les observations directes. Les données couvrent essentiellement la période allant de 2000 à 2019; avec l'année 2007 comme borne intermédiaire puisque c'est à partir de cette année que les entreprises commencent à s'installer dans l'arrondissement de Ngoyla. L'année 2019 correspond à la dernière année de collecte des données sur le terrain.

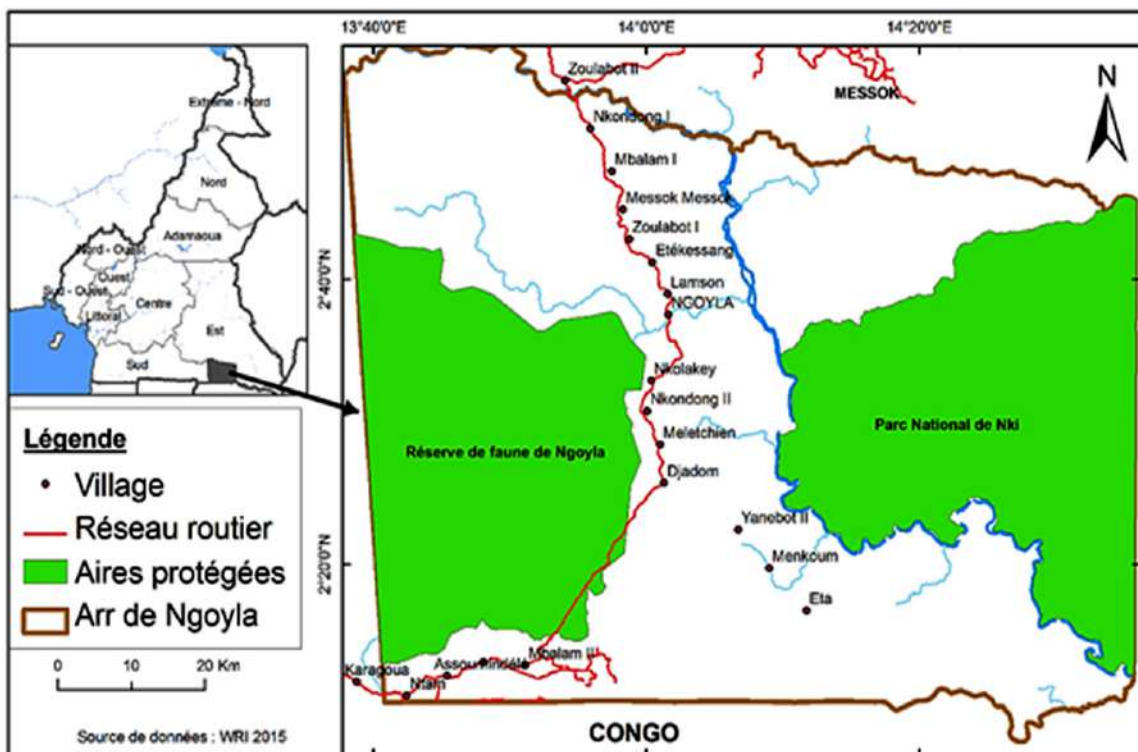


Figure 1 : Localisation de l'arrondissement de Ngoyla

La revue de la littérature a consisté à l'exploitation de nombreux rapports d'études du Ministère des Forêts et de la Faune (MINFOF), de la Banque Mondiale, du WWF, et de nombreuses autres Organismes Non Gouvernementales ainsi que quelques travaux académiques. C'est une littérature parcellaire, exposant le déficit infrastructurel de l'arrondissement de Ngoyla. Elle fait un état des lieux des infrastructures routières dans l'arrondissement et fourni aussi quelques éléments d'identification des mutations territoriales et des externalités sur les espaces traversés par les routes Mbalam-Sangmelima (N° 9) et Djadom-Lomié (D°10).

Dans le massif forestier de Ngoyla-Mintom, lors des missions de terrain, des observations de diverses natures ont permis d'apprécier l'état des routes et les conditions de mobilité ; des entretiens avec les transporteurs et les populations locales ont renseigné sur l'évolution de la qualité du réseau routier et des transports dans l'arrondissement de Ngoyla depuis l'installation des entreprises extractives et leurs impacts sur le développement local. Une autre mission réalisée en avril 2019 a permis d'étudier de l'impact socio-économique de l'exploitation forestière industrielle dans cet arrondissement. Cette dernière mission a permis d'administrer un questionnaire auprès d'un échantillon de 186 personnes dans 19 localités, Les informations collectées à travers ce questionnaire ont été dépouillé et traitées sous Excel. Les entretiens avec les responsables des entreprises (3 de Fipcam, 3 de SIM et 4 de Gracovir) rencontrés sur le terrain ont également permis d'identifier leurs réalisations dans le domaine de l'infrastructure routière et les transports et leurs implications sur le développement local.

### 3. Résultats

#### 3.1. Les principaux facteurs d'enclavement de l'arrondissement de Ngoyla

Plusieurs facteurs se sont combinés pendant plusieurs décennies pour maintenir l'arrondissement de Ngoyla très enclavé. Selon les résultats des enquêtes, on peut relever comme principaux facteurs l'état du réseau routier et la conservation de la nature.

L'arrondissement de Ngoyla est très pauvre en infrastructure routière. Pour y accéder, deux axes routiers carrossables très mal entretenus sont utilisés: l'axe Mintom-Lélé-Mbalam 2 (nationale n° 9) et l'axe Lomié-Ngoyla (régionale n° 6). Le premier à savoir l'axe Mintom-Mbalam 2, qui est une section de la transafricaine Cameroun-Congo, a été ouvert par

le génie militaire vers 1974 pour permettre l'accès aux villages du sud de cet arrondissement (Ntam, Mekamekouma et Mbalam 2) et ceux du nord de la République du Congo. L'accès à ces villages n'était possible qu'en passant par Mintom (région du Sud) jusqu'en 2007. C'est-à-dire que pour celui qui voulait se rendre dans la partie sud de cet arrondissement en partant de Ngoyla, il fallait retourner par Lomié puis Yaoundé-Sangmelima-Mintom, et parcourir près de 900 km. Pourtant, Ntam est situé à 80 km par route à partir de Ngoyla, chef-lieu de l'arrondissement. Avec la rupture du pont sur la rivière Lélé vers les années 1993, l'accès dans cette partie sud de la zone était devenu encore plus difficile (figure 2). L'absence de route reliant le village Ntam à Ngoyla avait longtemps poussé les populations à douter de l'appartenance de ce village à la région de l'Est du fait de l'intérêt que leur portaient certains responsables de la région du Sud. Ceci illustre les défaillances de l'aménagement du territoire par le gouvernement et des relations qu'entretiennent des populations enclavées avec les autorités en charge des territoires.

L'axe Lomié-Ngoyla est long de 100 km et on peut le subdiviser en deux sections : Lomié-Bac (60 km) et Bac-Ngoyla (40 km). La première section était relativement en bon état par rapport à celle après le bac. Ceci sans doute en raison de la densité du trafic et de l'entretien régulier par la commune de Lomié. Sur l'autre section, on rencontrait de nombreux bourbiers et « nids de poules » qui réduisaient la vitesse des véhicules à 25-30 km/h. Jusqu'en 2006, l'arrondissement de Ngoyla ne comptait que 40 Km de route carrossable qui allait du bac au centre de Ngoyla (figure 2). Les villages situés au sud de Ngoyla étaient accessibles par piste. Les deux routes n'ont été reliées par l'axe Ngoyla-Mbalam 2 en passant par Djadom qu'en 2007.

En plus du mauvais état de la route, pour se rendre à Ngoyla par Lomié, une autre contrainte à franchir était la traversée de la rivière Dja. Elle se faisait à l'aide d'un vieux bac fonctionnel momentanément ou à l'aide des pirogues. Lorsque ce bac était fonctionnel et le niveau du cours d'eau satisfaisant, il fallait en moyenne trente minutes pour traverser la Dja. Mais à cause de la vétusté des installations, il n'était pas rare de traverser cette rivière en une heure et demi. À partir du mois de janvier, avec l'étiage et à cause de la présence des rochers au fond du lit, le déplacement du bac était impossible. Il fallait attendre le retour des pluies pour que les traversés par véhicule reprennent.

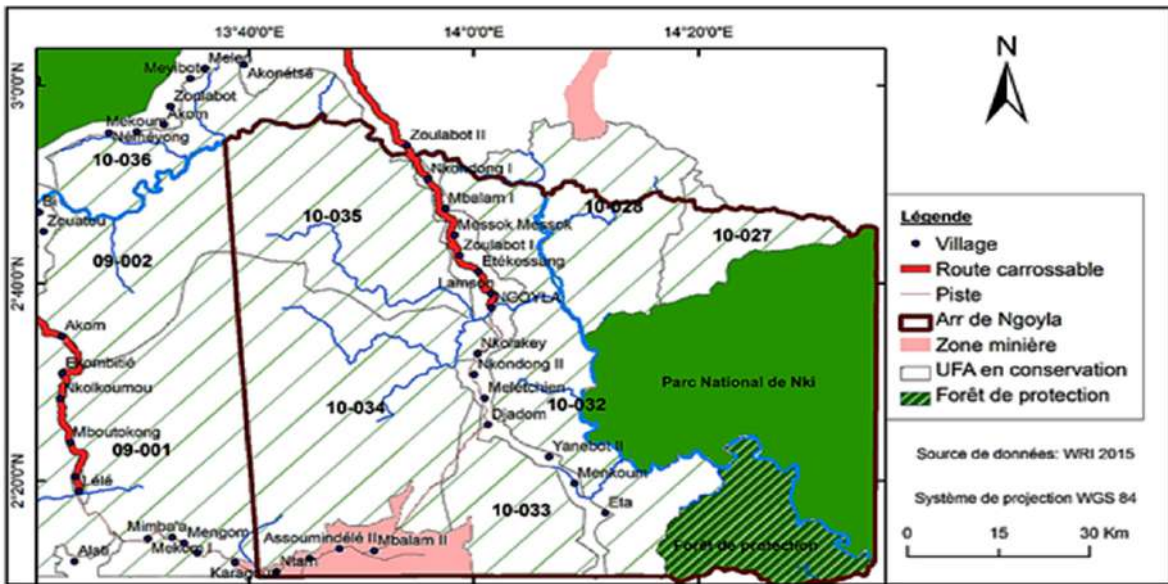


Figure 2 : Le réseau routier de l'arrondissement de Ngoyla avant 2007

Pour assurer le déplacement des personnes et des biens sur l'axe Lomié-Ngoyla une voiture de transport public quittait Lomié chaque jour pour Ngoyla entre 11 et 13 heures. Elle quittait Ngoyla le lendemain pour Lomié. Le voyage durait en moyenne 3 h 30 minutes. Cependant, la durée exacte du voyage était le plus souvent tributaire de l'état de la route et de plusieurs facteurs (bourbier, pont cassé sur une rivière, tronçonneuse qui barre la route). En effet, ces facteurs sont susceptibles de prolonger la durée du voyage et de ce fait, on pouvait passer des jours sans avoir une voiture de transport à Ngoyla. La moindre occasion qui se présentait faisait l'effort de ramasser tous les passagers. Pour une voiture initialement prévue pour cinq places, on transportait neuf personnes. La conséquence directe de cet enclavement, de cette rareté des moyens de transport et de l'état des routes est le coût élevé du transport dans la zone (30 à 80 fcf/km) et la longue durée de voyage.

À cause de ces difficultés de transport, les prix de vente des produits locaux (produits agricoles et produits de chasse) sont très bas : 500 à 1000 Fcfa pour un régime de plantain, 200 à 500 pour le tas de macabo et le gibier 1000 à 2000 Fcfa en fonction de l'espèce et de sa taille. Ils sont souvent fixés par l'acheteur. Ces prix diminuent souvent avec l'enclavement et l'éloignement de centre de Ngoyla. Selon certaines personnes rencontrées, il était inutile de produire avec pour objectif de vendre parce qu'il n'y avait de débouchés.

Selon les informations de terrain, l'enclavement de cette zone de production, la faible demande locale et les difficultés de commercialisation des produits agricoles sont parmi les principales contraintes qui entravent son développement agricole. Les populations attribuaient ces difficultés au mauvais état des routes qui assurent la connexion avec les autres localités. A contrario, les prix des denrées de première nécessité restaient très élevés. A titre d'exemple, le morceau de savon de 400g coûtait 600 FCFA contre 250 FCFA à Yaoundé, le litre de pétrole coûte 1000 FCFA contre 350 FCFA à Yaoundé. Ces difficultés constituaient d'importantes contraintes au développement de Ngoyla. La situation va commencer à s'améliorer à partir de 2007 avec les réalisations infrastructurelles des entreprises intervenant dans l'arrondissement de Ngoyla.

### 3.2. L'arrondissement de Ngoyla : un creuset d'activités extractives industrielles aux impacts notoires sur le développement local.

Le sous-sol de la zone d'étude est riche en ressources minières comme le fer, le cobalt, l'or, et le calcaire. Les conditions écologiques ont permis également le développement de nombreuses essences ligneuses commercialisables et d'une faune très diversifiée. La richesse en ressources naturelles (minières et forestières), les sollicitations des différents acteurs et les impératifs de développement ont amené le gouvernement camerounais à octroyer des permis miniers et d'exploitation forestière à diverses entreprises dans la zone.

Pour ce qui est des ressources minières, le gouvernement a travaillé pour l'instauration d'un cadre légal et juridique propice à l'activité minière. En 1999, le premier permis d'exploration minière de la zone a été accordé à l'entreprise GeoCam (cobalt et nickel) au nord de l'arrondissement. La société Cam Iron, filiale de l'entreprise Sundance Ressources Limited a obtenu le permis d'exploration du fer et substances connexes dans la partie sud en 2007. Le plus grand gisement de minerai de fer au Cameroun (environ 2400 millions de tonnes de fer) et le deuxième en Afrique, se situe dans le sud-est de Ngoyla à la frontière avec le Congo dans la zone de Mbalam 2. Pour avoir accès au site du gisement, cette entreprise a reconstruit le pont sur la rivière Lélé au sud, rouvert la route Lélé-Mbalam 2 et ouvert une autre section de près 30 km entre Mbalam 2 et Mbarga (le site du gisement). Cette route est régulièrement entretenue par la même société. Ceci améliore la circulation routière dans cette partie de l'arrondissement et permet aux sociétés installées dans la partie nord du Congo d'avoir un accès facile au port de Douala. Ce qui fait de cette route un outil d'intégration sous régionale. La société Cameroon Mining Company (CMC) a obtenu également un permis d'exploration du fer et des substances connexes dans la zone de Djadom. Les activités de cette entreprise ont conduit à l'aménagement de la section Ngoyla-Djadom, long de 30 km. Aussi la route Djadom-Mbalam 2 a été ouverte, long de 35 km. Ce qui permet la liaison routière entre la ville de Ngoyla et la partie sud (Mbalam 2, Ntam) de l'arrondissement.

Le secteur forestier est considéré comme un important levier pour le développement du pays (MINFOF 2011a). C'est la troisième source de revenus pour l'Etat camerounais, après l'agriculture et le pétrole, il contribue pour près de 4% du PIB (MINFOF 2018). Ainsi, la richesse en ressources ligneuses commercialisables des UFAs de l'arrondissement de Ngoyla et les multiples sollicitations des entreprises forestières ont poussé le gouvernement lancer l'appel d'offres N°0150/AAO/MINFOF/SG/DF/SDAFF/SDIAF du 30 mai 2012. Suite à cet appel, cinq des six UFAs ont été attribuées à l'exploitation forestière (tableau 1).

L'entreprise GRACOVIR qui exploite l'UFA 10 033 au sud de l'arrondissement a commencé ses activités en 2013. Cette société fait transité le bois exploité par Mbalam 2-Mintom-Djoum pour le port de Douala.

**Tableau 1 : Les UFA de Ngoyla attribuée à l'exploitation forestière**

N° de l'UFA	Superficie (ha)	Société adjudicataire
10 027	32 080	SFEES
10 028	77 982	Multiservices Plus
10 032	102 103	SCABOIS
10 033	48 321	GRACOVIR
10 035	101 793	IBC

En 2014, elle a construit une scierie à Ngoyla. La route Ngoyla-Mbalam 2 est ainsi sporadiquement entretenue par cette société.

La vétusté de l'ancien bac sur la rivière Dja rendait très difficile la traversée et ne permettait aux sociétés FIPCAM (10 035) et SIM (10 032) d'exploiter leurs UFAs. Face à la difficulté pour traverser la rivière, ces sociétés vont s'associer pour la construction d'un second bac à quelques centaines de mètres du premier. Les travaux qui ont commencé en fin d'année 2013 ont été achevés en fin de l'année 2014 (photo 1). Ce bac étant privé, l'utilisation par les autres usagers de cette route avait été interdit pour le début. Il était utilisé principalement pour l'acheminement du bois exploité dans la zone sans que les populations puissent bénéficier de l'amélioration de leurs conditions de la traversée du Dja. Suites aux revendications des populations locales, un accord entre la mairie et les responsables des sociétés forestières a permis que le bac soit aussi au service des autres usagers de cette route. Ceci soulève la question de la perception des entreprises extractives et des autres impacts positifs que peuvent générer ces prélèvements des ressources naturelles au sein des communautés locales. En effet, en 2019, six après le début effectif de l'exploitation industrielle du bois, aucun autre impact positif dans le domaine des infrastructures, en dehors de l'amélioration des routes, n'a été signalé dans tous les villages de l'arrondissement.

En plus de ce nouveau pont mobile ces sociétés entretiennent la route de Ngoyla jusqu'au bac. La circulation des grumiers des différentes sociétés et de quelques voitures des responsables rendent un peu fluide la circulation routière dans tout l'arrondissement. L'entretien des routes a eu également un impact considérable sur le transport par moto dans la zone. En effet, il a permis aux populations qui ont les moyens financiers d'acheter cet engin et à certains jeunes de s'investir dans le transport par moto. Cette amélioration de l'infrastructure routière

s'accompagne des impacts environnementaux comme la fragmentation des habitats de la faune, de l'intensification du braconnage et des accidents de circulation. Il serait nécessaire qu'un accent soit mis sur la sécurité routière en accentuant la sensibilisation des usagers pour assurer le bien-être et la sécurité des populations locales et des autres usagers et limiter les accidents routiers.

### 3.3. Incidences du développement des corridors d'extraction sur le développement local

#### 3.3.1. Au plan social

Depuis 2005, année de la signature des accords, entre les gouvernements du Congo et du Cameroun, relatifs au bitumage de la route Sangmelima-Ouessou et le début de l'exploration minière à Mbalam en 2007, le milieu social dans l'arrondissement de Ngoyla connaît d'importantes mutations. Entre 2007 et 2011, on a enregistré une arrivée massive de nombreux migrants et une augmentation considérable de la population surtout dans la partie sud (Ntam et



**Photo 1: Bac des exploitants forestiers construit sur la rivière Dja en 2014**

*(Techniciens en train d'assembler le pont mobile)*

**Tableau 2 : Évolution de la population dans certains villages enquêtés**

Année Village	Année			Taux d'évolution/an entre 2005 et 2011
	1976	2005	2011	
Ngoyla	541	921	1058	2,47 %
Djadam	55	79	132	11,20 %
Zoulabot I	79	98	179	13,77 %
Mbalam II	80	78	300	47,43 %
Ntam	/	252 *	559	30,45 %

Sources : Données 1976 et 2005: RGPH 1976 et RGPH 2005 ; Données 2011 bases de données WWF

Mbalam 2) (tableau 2). Les facteurs explicatifs sont : l'exploration minière, l'amélioration de la route dans le secteur Lélé-Ntam-Mbalam, la multiplication des chantiers d'orpaillage et le début de l'exploitation forestière industrielle,

Le tableau 2 permet de constater que plusieurs villages ont enregistré une croissance arithmétique de la population. Cependant, le village Mbalam 2 et Ntam ont enregistré une croissance exponentielle de la population entre 2005 et 2011, soit un taux d'accroissement respectif 47,43 % et 30,45 % par an. Les données des RGPH présentées ci-dessus montrent une légère disparité par rapport à celles du WWF obtenues sur le terrain. À titre d'exemple, le WWF précise que le village Mbalam 2 avait 36 habitants en 2007. Selon le WWF, la population du village Mbalam 2 a été multipliée presque par neuf entre 2007 et 2011. Ceci s'explique, non seulement, par l'amélioration des conditions d'accès dans la zone mais surtout, par l'exploration minière et les espoirs qu'elle a suscité en termes d'emplois. Quant aux réalisations sociales des sociétés forestières installées dans la zone, un forage a été construit dans le village Assoumindélé par l'entreprise Gracovir ; des tôles ont été octroyé à l'école publique d'Etékessan par l'entreprise Fipcam. Cette dernière soutient également les activités sportives des jeunes de Ngoyla. Le constat fait sur le terrain est que les réalisations sociales prévues dans les cahiers des charges de ces compagnies forestières sont très faibles voir absentes dans la zone.

L'arrivée des migrants dans cet arrondissement a eu un impact considérable sur la culture locale et les ressources naturelles. Les changements sont observés sur plusieurs aspects : les habitudes alimentaires, l'habitat, l'éducation, les comportements, etc. L'accès à certains médias comme la télévision, la formation scolaire, la collaboration avec des personnes de culture différente, etc. sont des éléments qui peuvent justifier ces mutations au plan social. Comme infrastructures sociales réalisées par la société Cam-Iron, on peut citer la construction d'un bâtiment de trois salles de classe et deux forages à Mbalam 2, l'ouverture d'un centre de santé dans ses locaux à Dymayo (site de la mine) pour son personnel. Momentanément, les villageois bénéficient des services de ce centre de santé.

Depuis l'installation des entreprises et l'intensification du trafic routier, les populations déplorent les accidents de circulation, le développement de



nombreux fléaux sociaux : alcoolisme, prostitution, désordre dans certains couples, drogue, abandon de l'école par certains enfants et les maladies respiratoires comme la toux attribuée à la poussière dégagée par les véhicules. En effet, selon 56,21 % des personnes enquêtées la présence des entreprises dans la zone a augmenté le taux de prévalence des infections et maladies sexuellement transmissibles (Sida, gonococcie et syphilis) au sein des populations et 73% pensent qu'elle a augmenté le vagabondage sexuel. Les employés des sociétés et les chauffeurs des grumiers sont très courus par certaines filles dans la zone ; ce qui entraîne parfois des troubles dans les familles.

### 3.3.2. Au plan économique

Les populations rencontrées (80%) affirment avoir augmenté leurs productions vivrières. En effet, l'amélioration de l'état des routes et l'intensification du trafic routier ont eu pour conséquence une augmentation des débouchés pour les produits agricoles. Les paysans ont la possibilité d'exposer leurs produits au bord de la route et de trouver facilement un acheteur. De part et d'autre le long des routes dans les villages on note une augmentation des claires pour la vente des produits agricoles. 85% des personnes enquêtées affirment qu'il y a une augmentation de la demande en denrées agricoles dans la région. L'augmentation de la population dans certains villages et l'installation des entreprises ont également accentué cette demande. En effet, les entreprises Gracovir et Cam-Iron organisent souvent des campagnes d'achat des produits agricoles dans les villages. Cette opération consiste à annoncer dans les villages le jour où la société passera pour se ravitailler en produits agricoles. Cette demande accrue des produits est à l'origine de l'extension des espaces agricoles, de la déforestation et de l'augmentation des prix de ces produits. À titre d'exemple, en 2014, le régime de plantain moyen coûtait 2000 Fcfa au lieu de 1000 F en 2010. Cette forte demande et la hausse des prix sont observés aussi pour les produits de la chasse. De 2010 à 2016 le prix moyen d'un singe/hérissin/porc-épic est passé de 1 000 frs à 3 000 Fcfa, un lièvre de 800 frs à 2 000 frs. Ces prix de 2014 et 2016 étaient les mêmes en 2019.

Les activités économiques bénéficient, non seulement, de la présence des étrangers et des employés des entreprises qui travaillent dans la zone mais également, de l'intensification du trafic routier



**Photo 2: Des grumiers attendant que la route sèche après la pluie**

*(Grumiers appartenant à la société SEYFID du Congo partis de Cabosse en transitant par Ntam afin de rallier Yaoundé et enfin le port de Douala)*

en direction du Congo avec la présence en grand nombre des grumiers (photo 2). En saison pluvieuse, ces grumiers peuvent attendre plusieurs heures ou des jours dans une localité (Ntam, Mbalam 2, Ngoyla) que les routes soient moins glissantes. Ceci permet aux femmes de ces localités de développer des activités comme la vente de la nourriture.

L'installation de plusieurs entreprises dans la région a attiré une population nombreuse à la recherche du travail et de meilleures conditions de vie. Ceci a augmenté la demande de produits manufacturés et autres équipements nécessaires aux ménages. Des commerçants se sont installés dans les villages et développent leurs activités. D'autres commerçants semi-grossistes font le commerce ambulancier dans la zone. Leur présence et leurs activités permettent aux populations d'avoir accès à de nombreux produits manufacturés de première nécessité sur place. À cet effet, M. Allam Mpakol, chef du village Ntam, affirme qu'« après l'ouverture de la route les étrangers se sont installés, ont construit des maisons et ils ont développé des activités commerciales, ce qui a amélioré la disponibilité de produits sur place ». L'amélioration des voies de communication et la multiplication des boutiques ont entraîné la concurrence entre les commerçants et ont eu pour conséquence une baisse relative des prix des produits de première nécessité à Ntam et Ngoyla (tableau 3).

Il est à noter que si on ne perçoit pas un changement notable sur l'évolution des prix dans la zone, ceci est lié au fait que lesdits prix ont connu une augmentation

**Tableau 3: Evolution des prix (en Fcfa) de quelques produits manufacturés à Ntam et Ngoyla entre 2011 et 2019**

Produits	Ntam		Ngoyla	
	2011	2019	2011	2019
Un cube Maggi	25	3 à 50	15	2 à 25
Un kg de riz	700	600	500	500
Un litre d'huile de palme	1200	1000	850	800
Un litre d'huile raffinée	1800	1600	1 500	1500
Un litre de pétrole	1000	750	750	700
Un litre d'essence	1200	1000	800	1000
Un litre de jus gazeux	1000	1000	850	1000
Un morceau de savon de 400 g	600	500	500	400

au niveau national et surtout dans les lieux de ravitaillement que sont Djoum, Lomié et Abong-bang.

Le secteur de l'hôtellerie est en pleine croissance dans la zone d'étude, même s'il se limite aux auberges. Son développement se traduit par la qualité des services offerts qui s'améliore progressivement. En 2011, la ville de Ngoyla une auberge opérationnelle contre quatre en 2019 ; au cours de la même période, on est passé de 2 à 5 auberges opérationnelles à Ntam, et Mbalam 2, une.

L'intensification de la circulation a ainsi permis aux populations de développer d'autres activités comme la restauration, l'hôtellerie, l'artisanat et la cordonnerie, en plus de la vente des produits locaux (agricoles et gibiers). Dans les villages comme à Ntam, Mbalam 2 et Mbalam 1 les petits restaurants de rue se développent en raison de la présence massive des employés. Aujourd'hui, les produits exposés en bordure de route sont vendus en quelques heures. La couverture de plusieurs localités de la zone par le réseau téléphonique permet d'être connecté au reste du monde et de développer les activités de call box.

### 3.3.3. Dans le domaine des transports

Le transport des biens et des personnes est assuré par les camions, les cars (opep), les taxis (clando) et les motocyclettes. Les travaux du second bac, de bitumage du corridor Sangmelima-Ouessou (Congo) et l'entretien de l'axe bac-Djadom ont réduit, considérablement, la durée du trajet du voyage dans la zone. A titre d'exemple, l'accès à Ntam par Mintom dure en 1 h 30 minutes contre 4 heures avant le bitumage de la route ; le trajet Ngoyla-bac dure en moyenne 30 minutes de nos jours. Depuis la réouverture de l'axe Lélé-Mbalam en 2007, les échanges avec le nord du Congo se font au quotidien.

La qualité des routes dans cet arrondissement ne cesse d'être améliorée depuis 2007. Malgré cette amélioration, le coût du transport demeure très élevé dans la zone. Par exemple, le tronçon Ngoyla-Lomié qui coûtait 3000 frs en 2011 coûte 3500-4000 frs en 2019 et ce prix augmente si la saison de pluie s'accroît ; de Mintom à Lélé (60 km) il faut déboursier 2 500-3000 Fcfa en voiture et 6 000 frs à motocyclette ; Ntam-Lélé (moins de 50 km) 2 500 frs. En 2019, ces prix ont presque doublés pour ce qui est par exemple du tronçon Mintom-Ntam (110 km) qui coûte 7 500 Fcfa contre 5000 Fcfa en 2014. Les chauffeurs grumiers offrent des prix plus abordables que les petites voitures. L'exemple du tarif du tronçon Djoum-Ntam qui coûte 5000 Fcfa dans un grumier contre 10 000 Fcfa pour le transport en commun peut être relevé.

L'état des routes et la fluidité des transports se sont nettement améliorés dans l'arrondissement de Ngoyla depuis 2007. Les échanges transfrontaliers entre le Cameroun et Congo s'intensifient sans cesse. On peut préciser entre autres les axes Ngoyla-Mbalam et Lélé-Mbalam qui ont été ouverts ou rouverts. Jusqu'au premier semestre de 2019, l'arrondissement de Ngoyla ne disposait pas d'un kilomètre de route bitumée. Cette situation changera sans doute dans les mois à venir avec la construction de la route Sangmélina-Ouessou car les travaux évoluent à un rythme remarquable. La route bitumée (segment Congo) est au niveau de la frontière avec le Cameroun.

## 4. Discussion

A la question de savoir quel peut être la contribution des corridors d'extraction des ressources naturelles au développement local des territoires enclavés et

particulièrement de l'arrondissement de Ngoyla, les résultats de cette recherche apportent quelques éléments de réponse. Depuis 2007, l'ouverture et l'entretien temporaire de plusieurs sections de routes dans l'arrondissement de Ngoyla est à l'actif des entreprises forestières et minières qui ont obtenus des autorisations d'exploitation du Gouvernement. Ce qui a amélioré la fluidité de la circulation routière et le développement des activités génératrices de revenus. Ce résultat portant sur l'ouverture et l'entretien des routes par les entreprises extractives et l'amélioration des conditions de vies corrobore avec ceux du MINFOF (2011b) et ceux d'Eba'a Atyi et al. (2013) pour qui la filière bois d'œuvre industrielle a un impact positif sur le développement du transport. En prenant le cas des entreprises du Groupement de la filière bois du Cameroun où elles seules entretiennent chaque année 2395 km de route, ils concluent que les entreprises forestières contribuent significativement à l'entretien du réseau routier national.

Les résultats de la présente étude montrent également que la commercialisation des produits locaux et des produits manufacturés de première nécessité connaît aussi un essor avec cette amélioration des conditions de mobilité. En effet, la baisse des prix des produits manufacturés et l'augmentation des prix des produits locaux ont été notés. Ce résultat confirme les prédictions du MINFOF (2011b) et va dans le même sens que ceux de Defo et al. (2013) qui, levant l'équivoque sur la contribution des industries extractives dans le développement des sites récepteurs, montrent que les impacts de l'exploitation forestière industrielle sur le développement local peuvent être significatifs, notamment au niveau de l'emploi, de l'éducation, de la santé et du cadre de vie. Mais, cela n'est possible que si les entreprises concernées vont au-delà des cahiers de charges. Ces résultats permettent également de vérifier l'hypothèse principale de cette étude qui stipulait que l'amélioration actuelle de l'infrastructure routière et ses incidences sur les dynamiques socioéconomiques dans l'arrondissement de Ngoyla sont liées à la présence des entreprises extractives.

Ces impacts positifs des corridors d'extractions dans l'arrondissement de Ngoyla ne peuvent à eux seuls attester la réalité de développement local. Selon Alix (2012), il ne s'agit pas juste d'identifier la réalisation concrète des projets mais de mesurer l'ampleur des flux, leur coût et leur performance

logistique d'analyser la fluidité du trafic afin de déterminer les maillons faibles. Ces maillons faibles peuvent être l'environnement social, la biodiversité et la gouvernance. Il a été relevé dans cette étude des impacts sociaux négatifs comme les maladies respiratoires, l'augmentation des troubles familiaux liés à la présence des étrangers, les nouvelles perceptions des ressources naturelles, la fragmentation des habitats de la faune et le braconnage. Dans cette perspective, le MINFOF (2011b) soutient que l'impact cumulé des activités pratiquées par les entreprises forestières, minières dans la zone ont pour effet la perturbation de l'écosystème forestier. Pour Tatuebu (2017), l'amélioration de l'infrastructure routière dans le massif de Ngoyla-Mintom entraîne la dégradation de l'environnement et la perte de la diversité biologique. Indirectement, elle entraîne d'autres pressions (braconnage, extension des espaces agricoles, exploitation illégale des ressources naturelles) sur les forêts environnantes. Lamalice (2014) quant à elle soutient que le rapport des communautés locales à leur environnement peut être particulièrement perturbé par l'arrivée d'une nouvelle activité économique. Manzanal, (1999) cité par Lamalice (2014) soutient que les mégaprojets d'extraction des ressources naturelles sont à l'origine de la détérioration du climat social. Pour Svampa, (2011) les mégaprojets miniers sont liés à l'émergence de nombreux mouvements socio-environnementaux en Amérique latine. Nguiffo et Djeukam (2000) parlant de l'extraction des ressources forestières, estiment que la redevance forestière annuelle versée aux communes et communautés n'a pas toujours servi à la promotion du développement local.

## 5. Conclusion

Cette étude qui porte l'arrondissement de Ngoyla dans le Sud-est Cameroun a permis de montrer la contribution des corridors d'extraction des ressources naturelles au développement local des zones enclavées. Il ressort que depuis 2007, la réouverture de la route Lélé-Ntam et son entretien régulier par la société Cam-Iron, l'ouverture de la route Mbalam2-Djadom et la construction d'un nouveau bac sur la rivière Dja sont autant de réalisations à attribuer aux entreprises extractives. Ces corridors d'extraction des ressources naturelles ont facilité la mobilité des populations et les échanges transfrontaliers avec le Congo, boosté les changements socio-économiques dans l'arrondissement de Ngoyla. Ils

sont aussi à l'origine de l'intensification des pressions (déforestation et braconnage) sur l'intégrité de cette forêt d'où la nécessité de mener une réflexion sur leurs externalités négatives sur la gestion durable des ressources naturelles de cet arrondissement.

## Références

- Alix, Y. (dir.) (2012).** Les corridors de transport. Cormelles-le-Royal, *Editions Ems*, 344 p.
- Bigombé, Logo, P. (2003).** The decentralized forestry taxation system in Cameroon: Local management and State logic. World Resource Institute, Environmental Governance in Africa, Working papers, Washington DC.
- BUCREP (2010).** Rapport de présentation du troisième recensement de population au Cameroun. 68p
- CAMIRON (2014).** Projet d'exploitation du minerai de fer de Mbalam, République du Cameroun *Rapport environnemental annuel 2013*. 132 p
- Defo, L., Fogue, I. et Nzooh Dongmo, Z. (2013).** Exploitation forestière industrielle et opportunité de développement socio-économique local au Cameroun : L'espoir est-il permis ? in *Revue de Géographie du Cameroun. Nouvelle série*, Volume 1, numéro 1. 19 p.
- Elong, J.G. (1984).** Impact d'une exploitation forestière et d'une industrie de bois sur le milieu rural ; *Thèse de doctorat de 3e cycle en géographie tropicale*, Université de Bordeaux III. 384 p
- Endamana, D., Bassama, C., Itoe, C. et Etoga, G. (2014).** Situation de référence des indicateurs de conservation, du développement socioéconomique et de la gouvernance à l'échelle du paysage du massif forestier Ngoyla-Mintom. *UICN*, Yaoundé, 81p.
- Fongang, G., Defo, L. et Levang, P. (2012).** Environnement et mutations socio-économiques dans le massif forestier de Ngoyla-Mintom. *Etat des lieux et regard prospectif. Etude WWF*, CIFOR, 93 p.
- Gravel, N. (2009).** Géographie de l'Amérique du Sud: une culture de l'incertitude. Québec, *Presses de l'Université du Québec*, Coll. Géographie contemporaine.
- Hebert, G. et Tremblay-Pepin, S. (2013).** « IRIS 1 Qu'est-ce que l'extractivisme? » *En ligne*. <<http://iris-recherche.qc.ca/blogue/quest-ce-que-l'extractivisme>>. Consulté le 12 juin 2019.
- Lamalice, A. (2014).** Extractivisme et développement inégal, le cas de l'industrie minière dans la province de Catamarca en Argentine. *Mémoire de Maîtrise en Géographie*, Université du Québec à Montréal. 182p
- Ministère de l'Economie, de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (MINEPAT) (2017).** Élaboration du schéma national d'aménagement et de développement durable du territoire du Cameroun : secteurs économique et dynamiques spatiales, *Rapport diagnostic-version définitive*, 608p.
- Ministère des Forêts et de la Faune (MINFOF) (2018).** Secteur forestier et faunique du Cameroun. « Faits et Chiffres ». Edition 2017. 48p
- Ministère des Forêts et de la Faune (MINFOF) (2011a).** Projet de conservation et d'utilisation durable de la forêt de Ngoyla-Mintom : Analyse des dynamiques sociales et évaluation des acteurs et de leurs besoins en renforcement des capacités. 97 p
- Ministère des Forêts et de la Faune (MINFOF) (2011b).** Etude d'impact environnemental et social du projet de conservation et de gestion durable du massif forestier de Ngoyla-Mintom. Yaoundé, 216p.
- Ministère des Travaux Publics (MINTP) (2016).** Note de conjoncture du secteur des infrastructures, Édition 2016. 55p
- Nguiffo et Djeukam (2000).** Le droit pour ou contre la foresterie communautaire : analyse des contraintes juridiques à la mise en œuvre de la foresterie communautaire au Cameroun. *WWF, SNV, RFC, CED Yaoundé*.
- Rainbow Environment Consult (2007).** Etude d'impact environnemental sommaire du programme d'exploration des gisements de fer de la région de Mbalam. *CAMIRON SA*, 126 p.
- Suchel, J.B. (1988).** Les climats du Cameroun. *Thèse de Doctorat d'Etat*. Tome II. Université de Sainte Etienne. 790 p.
- Svampa, M. (2011).** Néo -"développementisme" extractiviste, gouvernements et mouvements sociaux en Amérique latine. *Problèmes d'Amérique latine*, 81, 103-127.
- Usongo, L., Defo, L., Nzooh, Dongmo, Z.-L., Ngniado, A., Kamdem, Toham, A. et Tchamba, M. (2007).** Orientations stratégiques pour la gestion du massif forestier de Ngoyla-Mintom. *Etude WWF CARPO*, 64p.
- WWF et RAINBOW (2017).** L'évaluation environnementale et sociale stratégique régionale du massif forestier de Ngoyla-Mintom. 258p

## Valorization of production techniques and marketing strategies for edible oyster mushrooms in Cameroon

Djomene Y.S.<sup>1</sup>, Abangawoh H.<sup>2</sup>, Ninkwango T.A.<sup>1</sup> et Foudjet A.E.<sup>3</sup>

(1) CoopSDEM COOP-CA, Yaoundé, Cameroun / e-mail :yanikdjomschool@yahoo.fr

(2) MINADER-Direction des Enquêtes et des Statistiques Agricoles, Yaoundé, Cameroun

(3) CRESA Forêt-Bois, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun

DOI : <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.4699453>

### Abstract

The objective of the study is to describe the factors that stimulate the vulgarization of production techniques and marketing strategies for edible mushrooms (*pleurotus*) in Cameroon. Primary and secondary data obtained from interviewed in the Centre, Littoral, West and North-west Regions of Cameroon, typed in Microsoft word 2010 and Microsoft excel 2010 software, analysed and interpreted, using descriptive statistics. It results from the data obtained from the interviewed that, the favourable climatic conditions, the potential for access to quality and quantity inputs of production at a lower cost, the significant potential of skilled labour and the potential market for products and by-products, are the factors that promote the increase in the level of production and consumption of edible mushrooms (*pleurotus*) in Cameroon. It also results from this study that, the cultivation of edible mushrooms (*pleurotus*) is a source of job creation for the vulnerable population as well as a source of enhancement of the agro-pastoral crops in Cameroon. Likewise, the cultivation of edible oyster mushrooms could help to reduce significantly the impact of environmental degradation, and could help improve the economic growth of the agro-food sub-sector. Results obtained from data analysis showed that,

between 2017 and 2018, despite the difficulties related to quality and quantity access to inputs at lower cost, the edible mushroom sub-sector in the study area achieved a job growth rate of 16.6%. 44% of mushrooms producer's interviewees confirm that they were satisfied for their activities related to seed multiplication and the production of edible oyster mushrooms. According to the interviewees, the link in the value of mushrooms production requires more investment. Between 2017 and 2019, the network members of CoopSDEM COOP-CA achieved an increase in their average investment, for the collect of dry corn cobs, for the multiplication of seeds and for production of oyster mushrooms of 15%, 8% and 6,7%, respectively. It emerges from the results of the data analysis that, for the same level of annual production (600 kg) of oyster mushrooms, sold at the same price per kg, the mushrooms grower of Bafoussam achieves a result 1.8 times more and 12.2 times more than the mushrooms grower at Yaoundé and Douala, respectively. The turnover from which the mushrooms grower of Yaoundé does not realize any loss or gain is 1 016 667 CFA F (1 552 euro) for this level of production. Consequently, the return on investment of the producer of Bafoussam is faster than that of Yaoundé and Douala.

**Keywords :** Valorization, Mushroom, Production techniques, Marketing Strategies

### Résumé

L'objectif de cette étude est de décrire les facteurs qui stimulent la vulgarisation des techniques de production et des stratégies de commercialisation des champignons comestibles *pleurotus* au Cameroun. Les données primaires et secondaires obtenues auprès des enquêtés dans les régions du Centre, du Littoral, de l'Ouest et du Nord-ouest du Cameroun, saisies dans les logiciels Microsoft word 2010 et Microsoft excel 2010, ont été analysées et interprétées, au moyen de la statistique descriptive. Il ressort des données

obtenues auprès des enquêtés que, les conditions climatiques favorables, le potentiel important d'accès aux intrants de production de qualités et en quantité, à moindre coût, le potentiel important de main d'œuvre qualifié et le potentiel important de marché de consommation des produits et sous-produits, sont les facteurs qui favorisent l'augmentation du niveau de production et de consommation des champignons comestibles *pleurotus* au Cameroun. Il ressort également de cette étude que, la culture des champignons comestibles

*pleurotus est une source de création d'emplois pour les populations vulnérables et une source de valorisation des autres spéculations agropastorales au Cameroun. De même, la culture des champignons comestibles pleurotus pourrait contribuer à réduire significativement l'impact de la dégradation de l'environnement et pourrait contribuer à améliorer la croissance économique du sous-secteur agroalimentaire. Les résultats de l'analyse des données montrent que, entre 2017 et 2018, malgré les difficultés liées à l'accès aux intrants de qualité et en quantité, à moindre coût, le sous-secteur champignons comestibles dans la zone d'étude a réalisé un taux d'accroissement des emplois de 16,6%. Des myciculteurs enquêtés, 44% affirme être satisfait des gains de productions réalisés, liées à la production des champignons comestibles pleurotus et à la multiplication de ses semences. Entre 2017 et 2019, les*

*membres du réseau de la CoopSDEM COOP-CA ont réalisés un taux d'accroissement de leurs investissements pour la collecte des rafles sèche de maïs, pour la multiplication des semences et pour la production des carpophores, de 15%, 8% et 6,7%, respectivement. Il ressort des résultats de l'analyse des données que, pour le même niveau de production (600 kg) annuel de carpophores pleurotus, vendu au même prix le kilogramme, le myciculteur de Bafoussam réalise un résultat net 1,8 fois plus et 12,2 fois plus que le myciculteur de Yaoundé et de Douala, respectivement. Le chiffre d'affaire à partir duquel le myciculteur de Yaoundé ne réalise ni perte, ni gain (seuil de rentabilité) est de 1 016 667 franc CFA (1 552 euro) pour ce niveau de production. Par conséquent, le retour sur investissement du producteur de Bafoussam est plus rapide que celui de Yaoundé et de Douala.*

**Mots-Clés :** Valorisation, Champignons, Technique de production, Stratégies marketing

## 1. Introduction

In most developing countries of Africa in general and in Cameroon in particular, the increase in the population of young cities is due to series of factors, among which, the internal migration of vulnerable individuals located in rural areas, who wish to meet the challenges of having better living conditions (Manirakiza, 2012). This increase of the urban population is not accompanied by an increase of agro-pastoral production and a diversification of manufactured products from local agro-industries (MINADER-DESA, 2012). The phenomenon of the endogenous growth of the young urban population also results from the problem of under employment, which limits their purchasing power and this at a cost to their daily well-being. According to Ninkwango (2014), the promotion of the cultivation, gathering and marketing of edible mushrooms is a possible solution to this great scourge, linked to the rural exodus of young people in Cameroon. Based on observation, since 2015, Cooperative Society with Board of Director for Sustainable Development of Edible Mushrooms (CoopSDEM COOP-CA), with the support of its technical and financial partners, has significantly contributed to promoting youth entrepreneurship in Cameroon, through gathering, cultivation, transformation and distribution of edible fungi (Djomene et al., 2019). Indeed, favourable climatic conditions, existence of a significant potential for access to inputs of better quality and in sufficient quantity at lower cost, existence of qualified labour and existence of a real and potential market for the consumption of products and by-products, are the factors that promote the increase

of national production of edible oyster mushrooms (*pleurotus*). According to Ministry of Economy, Planning and Regional Development (MINEPAT) (2010), several factors favour the improvement of the living conditions of populations in Cameroon, including the cultivation of edible mushrooms. The technical production itinerary can be accessible to all social categories (intellectual or not young people, elderly, disabled, etc.) on one hand. and on the other hand, the farm exploitation cost is not expensive because certain raw material and equipment available locally at lower cost. This study consist on one hand to present the factors that leads to increase the national production of edible mushrooms (*pleurotus*) in Cameroon, and on the other hand, the factors that favour the improvement of the living conditions of the vulnerable population through the cultivation and commercialisation of edible mushrooms.

## 2. Materiel and Methods

### 2.1. Material

The material used for this study is of various kinds and uses. Samples of dried edible mushrooms (*pleurotus*) were used in the laboratory to test the quality of the products. Microsoft Word 2010 and Microsoft Excel 2010 software were used for data entry and processing, for analysis and interpretation of the data collected. Samples of substrates such as: dry corn cobs, sawdust and Sissongo, were used to assess the yield's rate of the production, depending on the nature of the substrate in a given locality. The hydrometer and thermometer were used to measure the humidity and temperature of

substrate in the incubation and fructification rooms of the production house.

## 2.2. Method

### 2.2.1. Factors that stimulate the increase of the level of national production of mushrooms (pleurotus) in Cameroon

#### 2.2.1.1. Favourable climatic conditions to obtain a good production yield

The production of edible mushrooms (pleurotus) is more profitable in localities with a humid tropical climate. In Cameroon, the western, north western and Central Regions are made up of localities with high production yields, due to favourable climates parameters (temperature, humidity and air), mainly in localities where human activity is recorded as little as possible (Djomene et al., 2019). In the western and north western Regions, the lowest average temperatures are around 10.2°C to 16°C. The optimal temperatures do not go beyond 25°C (Djomene et al., 2020). The same temperature parameters exist in certain localities in the Centre Region (INS, 2015). The yield rates for the production of edible mushrooms in the favourable zone are 33% to 65% after a production cycle. The average humidity level recorded in the study area is 78%. The oyster mushrooms producers on the Littoral Region and part of the Southwest Region obtain good production yields, because of the constant humidity rate (85%) which prevails. Nevertheless, the regions of South, East and Adamaoua are not left out, for obtaining good production yields of oyster mushrooms.

#### 2.2.1.2. High potential for access production inputs at lower cost

Access to production factors of quality and in quantity at a lower cost is still a major constraint in agriculture in Cameroon, for all the different groups: seeds and plants phytosanitary product, fertilizers, treatment equipment and devices (MINADER-DRCQ, 2016). Among the many advantages of cultivating edible

oyster mushrooms and multiplication of its seeds in Cameroon, we note their ability to recycle agricultural production residues: corn cobs, rice staw, bean tops, plantain leaves, etc., used as a production medium (Diansambu et al., 2016). Cameroon is a country with a varied ecosystem on the one hand, and population in town and on the outskirts of which the level of culture is well established on the other hand. These assets allow potential and real mushrooms growers to access to certain production inputs locally at lower cost. The cultivation of edible oyster mushrooms does not require the use of fertilizers and pesticides, in Regions with high production yields, such as the Northwest, the West and part of the Centre and the Littoral (Ninkwango, 2014). MINADER's interventions through Support Program of the Development of the Edible Mushroom Subsector (PADFC) and Direction of Regulation of Quality Control of Agricultural products (DRCQ) make it possible to increase the supply sites for certified (white) seeds of edible oyster mushrooms at a lower cost, in the various production areas of the country.

#### 2.2.1.3. Technical itinerary for the production of edible oyster mushrooms

According to Ninkwango (2007), anyone can cultivate edible oyster mushrooms in Cameroon, because the acquisition of technology is easy and suitable for each individual, regardless of their culture and social status. In Cameroon, young people graduated or not, retire or representatives of Professional Agro-pastoral Organization (PAO) are increasingly entering the edible mushrooms sub-sector in Cameroon, with the support of MINADER-PADFC (Djomene et al., 2016). This MINADER program organizes and holds group training in production mushrooms each year in the departmental and regional delegation of Ministry of Agriculture and Rural Development (MINADER), with the aim of increasing the level of labour qualified the sub-sector. More and more, local elites and economics operators practice the cultivation of edible oyster mushrooms



Board 1 : (a) Academic internship ; (b) Retraining seminar for MINADER-DRCQ and (c) Training as part of trip to study



**Board 2 : (a) Sales of wild mushrooms in the market ; (b) Sales of fresh pleurotus in a super market; (c) Group sales of small producers; (d) Pudine of mushroom in a restaurant**

through intermediaries, to support local development effort on the one hand and on the other hand to diversify their income. Board 1 illustrates the end of the academic internship for students from Higher Institute of Agriculture and Management of Obala (ISAGO) and Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences (FASA) of University of Dschang; a retraining seminar for MINADER-DRCQ executives at CoopSDEM COOP-CA and training as part of trip to study of student from the University of Yaoundé 1 at PADFC, respectively.

#### **2.2.1.4. Existence of a potential market for consumption of products in Cameroon**

The market for the commercialisation of edible mushrooms in Cameroon is in a situation of pure and perfect competition, characterized by: the atomicity of supply and demand, the homogeneity of product and by-products, freedom of entry and exit to the market, perfect information for market actors and perfect mobility of production factors (CoopSDEM COOP-CA, 2019). According to MINEPAT (2010), in 2004, Cameroon imported 82 tons of edible table mushrooms, for a monetary value of 123 million CFA F (187,137 euros). In 2018, the importation of edible table mushrooms is estimated at 250 tons, for a monetary value of 500 million CFA F (763,359 euros), or 3 times more than in 2004. The national demand of edible mushrooms produced in Cameroon, experienced a growth rate of 4.6% between 2010 and 2014. Households, restaurants and hotels managers, and supermarket department managers represents 47.5%, 24.5% and 20.9% of the demand for mushrooms in Cameroon in 2019, respectively. An interview conducted by CoopSDEM COOP-CA, with the support of MINADER-PADFC at the end of 2018, estimated the national consumption needs of edible mushrooms in 2019 at 500 tons, with more than 70% of applicants (foreigner's residents and tourists and well-off nationals) located in the country's major urban centers. There is high demand for production and residues of edible oyster mushrooms

in Cameroon, expressed by agro-pastoral farmers, restaurants and industries. Board 2 illustrates the distribution segments of edible oyster mushrooms from Cameroon production.

#### **2.2.2. Improvement of living standard of the population trough mushrooms cultivation**

##### **2.2.2.1. Creation of new job opportunities for the local population**

The empowerment of decentralized territorial communities in Cameroon is a way for local development actors to contribute to significantly and sustainably improve their living conditions, through the development of agro-pastoral activities in general and the popularization of production techniques of edible mushrooms in particular. The edible mushroom sub-sector offers many job opportunities to the local population (youths and women) exposed to poverty (MINEPAT, 2010). Population without employment have the possibility of assuring the collection, grinding and conditioning of the raw material for the production of edible oyster mushrooms. Unemployed population themselves, have the opportunity to ensuring the recycling of cakes mycelium residue to supply the breeders with food and litter (fowls, pigs, fish, etc.) on the one hand, and on the another hand, to supply the farmers with compost (MINADER-PADFC, 2017). Craftsmen have the opportunity of producing materials and equipment's related in the production of edible oyster mushrooms. They consist materials and equipment's used in pasteurisation (mechanised barrels), dryers for the transformation of fresh mushrooms, inoculation box for seeds multiplication and shelves for the disposition of packs of substrates and mycelium cakes in the incubation and fructification unit, respectively. Farmers have the opportunity of supplying to mushrooms producers primary materials like corn cobs, Palme cone residues, bean tops, etc. (CoopSDEM COOP-CA, 2019). Board 3 illustrate the craft products for the production of edible oyster mushrooms and its seeds.





**Board 3 : (a) Cultivation shelters built in straw; (b) Corn cobs crushing; (c) Home-made pasteurizer; (d) Handcrafted electric gas dryer with fan**



**Board 4 : (a) Mycelium cake residue ; (b) Corn cobs substrates; (c) Maize grain substrates; (d) Sissongo substrates**

#### 2.2.2.2. Promotion of other agro-pastoral crops through mushroom cultivation

The production of edible stem mushrooms in general and edible oyster mushrooms in particular, requires the used of agricultural production products and residues such as: grains of corn cobs, potatoes, bean tops, etc. The above product and by-products serve as raw material or production support for edible oyster mushrooms and its seeds (Ninkwango, 2007). Agricultural production residues recycled for mushrooms cultivation, allows small farmers to limit their production cost of oyster mushrooms (*pleurotus specie*) and to diversify their income (Djomene et al., 2019). The big corn growers and wood processor, recycle production residues to supply the big mushrooms producers with corn cobs and sawdust/wood chips, for fees. In the intensive livestock sub-subtor, production residues of edible oyster mushrooms (waste mycelium cakes) are recycled to serve as feed and bedding for animals (chickens, pigs, goats, oxen, fish, etc.); these waste recycled mycelium cakes are also used by agricultural producers for soil amendment, which improves agro-pastoral production (Ninkwango, 2007). Board 4 illustrates the products and residues of agricultural production being promoted in the cultivation of mushrooms in Cameroon.

#### 2.2.2.3. Decrease of the impact of environmental degradation through myciculture

In addition to recycling nutrients and helping plants

and crops to grow efficiently, fungi provide us with compounds that produce antibiotics, statins, etc., to treat certain cancers, cholesterol, hypertension and immune suppressors (Marine, 2015). Some fungi (endophytes and mycorrhiza) can help plants cope with significant stresses, such as increased temperature and drought. Advances in the agricultural application could translate into improved food security, environmental sustainability and increased income from agricultural production (ONF, 2019). The production of edible oyster mushrooms is above-ground and under-shelter, which does not require the occupation of very large areas of land and which consequently, limits the destruction of the ecosystems of our environment (Nninkwango, 2013). According to Christian et al. (1996), the rot fungi (saprotrophs and mycorrhizal) of wood and litter are a great enzymatic richness, producing both unspecific, exo-cellular systems and with strong oxidizing power (in particular the ligninolytic system) and intracellular systems involved in the transformation of xenobiotics. This enzymatic richness allows these fungi to carry out a large number of chemical reactions (oxidation, reduction, hydrolysis and synthesis) on xenobiotics polluting various chemical structures (polarity, lipophilic, etc.) (Christian et al., 1996). The white rot of litter and humus thus a fundamental role in the recycling of plant waste and debris (Pierre et al., 2010).

#### 2.2.2.4. Contribution of the edible mushrooms sub-sector to the economic growth of Cameroon

Edible mushrooms are among the food products

with high potential for creating added value. This characteristic makes the edible mushrooms sub-sector, one of the sector to prioritized by the cameroonian public authorities, to help raise the growth rate of the national Gross Domestic Product (GDP) of the agro-food sub-sector (Djomene et al., 2019). Population in town and in the country side are increasingly interested in the production of edible oyster mushrooms in Cameroon. The consequence is an increase in the employment rate in the agro-food subsector. Another consequence of the production of edible oyster mushrooms is that, to providing well-being to actors in the mushrooms sub-sector, because it contributes to reducing poverty and also contributes to improving health and environmental education for local population (CoopSDEM COOP-CA, 2019). Another consequence of mushrooms production is that, it improves the health of vulnerable population. In fact the confirmation of edible oyster mushrooms has antiviral, anti-diabetic, antioxidant, anti-hyper cholesterolic, anti-cancer and immune modulating effects. The wealth generated

by production mushrooms is distributed equitably, in proportion to the contribution of each actor in the mushrooms sub-sector (PADFC, 2018).

### 3. Results

#### 3.1. Price evolution of consumables for the production of edible oyster mushrooms in Cameroon

Figure 1 illustrates the price evolution of consumables for the production of edible mushrooms (*pleurotus*) in the study area between 2015 and 2019.

#### 3.2. Conditions for obtaining consumables for the production of edible oyster mushrooms in Cameroon

Figure 2 illustrates the percentage of the conditions for obtaining the consumables, for the production of edible oyster mushrooms.

#### 3.3. Net job creation in the Cameroonian-produced edible mushrooms sub-sector

Figure 3 illustrates the evolution of job creation in the cameroonian production of edible mushrooms sub-sector, according to the interviewees.

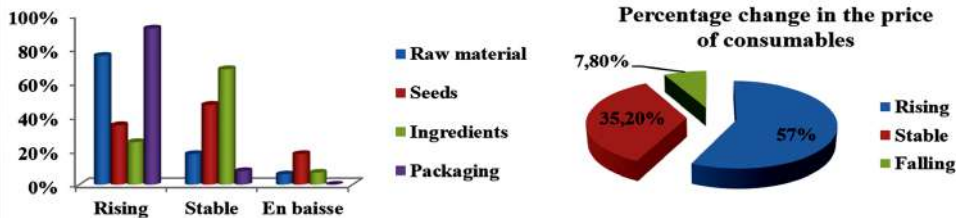


Figure 1: Price evolution of consumables for the production of pleurotus between 2015 and 2019



Figure 2 : Percentage of the conditions for obtaining consumables for the production pleurotus



Figure 3: Change in net job creation in percentage in the Cameroonian-produced edible mushrooms sub-sector

### 3.4. Profit made by inputs suppliers and oyster mushrooms growers in Cameroon

Figure 4 illustrates the evolution of benefits obtained by interviewees through the distribution of production inputs and edible oyster mushrooms in Cameroon.

### 3.5. Evolution of investments related to the production and marketing of edible oyster mushrooms sub-sector in Cameroon

Figure 5 illustrates the evolution of the investments

made for each activity of the edible mushrooms sub-sector, according to the interviewees.

### 3.6. Calculation of break-even point and dead point for each producer of edible oyster mushrooms

#### 3.6.1. Reclassification of charges for the production of edible oyster mushrooms, according to the study area

The data collected made it possible to assess all the loads (variable and fixed) for a production capacity of 600 kg of edible fresh oyster mushrooms, per year in

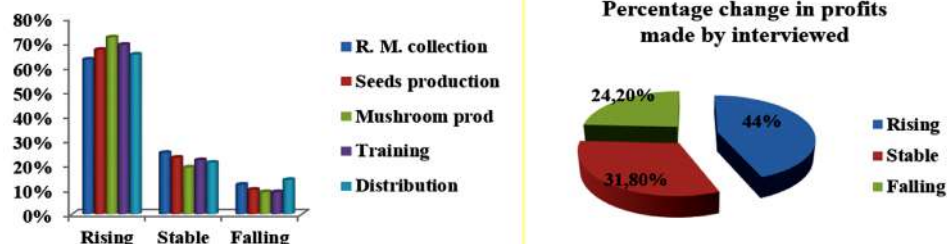


Figure 4 : Evolution of the profits obtained by the inputs suppliers and by the mushrooms producers interviewees



Figure 5: Level of investments made for each activity of the edible mushrooms sub-sector, according to the interviewees

Table 1: Reclassification of annual charges for the production of 600 kg of edible fresh oyster mushrooms, depending on the study area

Factors of production	Ydé town (CFAF)		Douala town (CFAF)		Bafoussam town (CFAF)	
	Variable C.	Fixed C.	Variable C.	Fixed C.	Variable C.	Fixed C.
Dry corn cobs	111 000	-	129 000	-	87 000	-
Procurement costs	30 000	-	35 000	-	25 000	-
Certified seeds	320 400	-	438 200	-	187 200	-
Banko plus	10 000	-	10 000	-	10 000	-
Urea	1 500	-	1 000	-	1 000	-
Slaked lime	11 000	-	10 500	-	9 000	-
Plastic bags	15 000	-	18 000	-	14 400	-
Firewood	30 000	-	38 400	-	24 000	-
Wages	100 000	300 000	125 000	300 000	100 000	300 000
Water and electricity	-	25 000	-	30 000	-	20 000
Dues and taxes	19 982	50 000	19 784	50 000	29 618	50 000
Amortization grants	-	174 000	-	174 000	-	174 000
<b>Total 1</b>	<b>648 882</b>	<b>549 000</b>	<b>824 884</b>	<b>554 000</b>	<b>487 218</b>	<b>544 000</b>
<b>TOTAL 2</b>	<b>1 197 882</b>		<b>1 378 884</b>		<b>1 031 218</b>	

**Table 2: Table of fixed assets and depreciation at 31/12/2020, for a production capacity of mushrooms producer's interviewees, of 1,200 kg of pasteurized substrate per production cycle**

Element	purchase value	Duration (year)	Previous depreciation	depreciation of the year	Cumulative depreciation	Net book value
01 plot of 100 m <sup>2</sup>	700 000	100	28 000	7 000	35 000	665 000
01 mushrooms house	2 000 000	20	400 000	100 000	500 000	1 500 000
04 Rows of shelves	200 000	10	80 000	20 000	100 000	100 000
03 SPN (barrel of 200L)	150 000	05	120 000	30 000	150 000	-
02 Watering can	10 000	03	10 000	-	10 000	-
02 40 liter basins	8 000	03	8 000	-	8 000	-
01 Wheelbarrow	30 000	05	24 000	6 000	30 000	-
01 Backpack sprayer	35 000	05	28 000	7 000	35 000	-
01 Sensible scale	20 000	05	16 000	4 000	20 000	-
02 Bucket of 10L	3 000	02	3 000	-	3 000	-
TOTAL	3 156 000		717 000	174 000	891 000	2 265 000

**Table 3: Differential operating account of edible mushrooms growers interviewed in the study area**

Eléments	Yaoundé fungus growers		Douala fungus growers		Bafoussam fungus grower	
	Amount	(%)	Amount	(%)	Amount	(%)
Turnover	1 410 000	100	1 410 000	100	1 410 000	100
Variables Charges	648 882	46.02	824 884	58.5	487 218	34.6
M/VC (gross margin)	761 118	54	585 116	41.5	922 782	65.4
Fixed charges	549 000	39	554 000	39.3	544 000	38.6
Result (net margin)	212 118	15.04	31 116	2.2	378 782	26.9

three cycles, at Yaoundé in the Centre Region, in Douala (Littoral Region) and in Bafoussam (West Region) of Cameroon. The table 1 shows the reclassification of annual charges for the production of 600 kg of edible fresh oyster mushrooms, according to the study area.

### 3.6.2. Calculation of the fixed assets and depreciation table as at 31/12/N, according to the production capacity of the mushrooms producers interviewees

Table 2 shows in the fifth year of operation the fixed assets and depreciation on 31/12/2020, of the mushrooms producer's interviewees, with production capacity of 1,200 kg of pasteurized substrate per production cycle.

### 3.6.3. Calculation of break-even point and dead point of the mushrooms producers interviewed, according to the study area

The sowing rates practiced by the mushrooms growers interviewed are respectively: 12% in Yaoundé, 12% in Douala and 9% in Bafoussam. The production capacities are: 500 bundles, 580 bundles and 381 bundles for the edible mushrooms growers interviewed in Yaoundé, Douala and Bafoussam, respectively. Table 3 illustrates

the differential operating account of edible mushrooms growers interviewed in the study area for 600 kg of fresh edible oyster mushrooms produced and sold.

Table 4 shows break-even point and dead point achieved by the edible mushrooms growers interviewed in the study area, for 600 kg of edible oyster mushrooms fresh, produced and sold.

## 4. Discussion

It emerge from this study that, 92% of mushrooms producers interviewees on the one hand and 76% on the other hand denounce the drastic increase, from the simple to double, the price of plastic packaging for the conditioning of the substrate and the price of dry stalks of corn (raw material), respectively. The main reason is linked to the supply which is much lower than the demand. According to 63% of the mushrooms producer's interviewees, the high cost to transport is the main cause of the difficult conditions of supply of quality and quantity dry corn cobs. Thus the government intervention, through the establishment of raw material collections points, could lead to easy and low-cost

**Table 4: Break-even point and dead point generated by the edible mushrooms growers interviewed in the study area**

Elements	Yaoundé fungus growers	Douala fungus growers	Bafoussam fungus grower
	Value in CFAF	Value in CFAF	Value in CFAF
Turnover	1 410 000	1 410 000	1 410 000
Margin on variable cost	761 118	585 116	922 782
Margin rate on VC	0.54	0.41	0.65
Fixed charges	549 000	554 000	544 000
Break-even point	1 016 667	1 351 220	836 923
Dead point	8 months, 1 week	11 months, 5 days	7 months, 1 day

access and consequently improve the production yields of edible oyster mushrooms. According to 67.2% of interviewees, the edible mushrooms sub-sector in the study area achieved an average employment growth rate of 16.6% between 2018 and 2019. 44% of mushrooms producer's interviewees confirm that they were satisfied for their activities related to seed multiplication and the production of edible oyster mushrooms. The production gains made stem from the sense of professionalism and the technical and strategic capacities which characterize these mushrooms producers. More than 50% of mushrooms producer's interviewees still find it difficult to optimize their production yield, because of the poor technical capacities which characterize them and because of the frenzied taste for profit. According to the interviewees, the link in the value of mushrooms production requires more investment. Between 2017 and 2019, the network members of CoopSDEM COOP-CA achieved an increase in their average investment, for the collect of dry corn cobs, for the multiplication of seeds and for production of oyster mushrooms of 15%, 8% and 6.7%, respectively. The basic reason is linked to the increased demand for the production inputs of oyster mushrooms and its seeds. According to the interviewees, the amount of variable production cost change from one locality to another, because of the easy access or not of quality inputs. The cost of depreciation of goods in the fifth year of operation on the companies interviewees is 174 000 CFAF. The result of the data analysis show that, for an annual production capacity of 600 kg of fresh oyster mushrooms, the time taken to make the return on investment is different from one locality to another. Indeed, it takes 2 months 3 weeks and 4 days, and 4 months, 1 week and 4 days more for the mushrooms producer's interviewees in the city of Douala, respectively, compared to the mushroom producers of Yaoundé and Bafoussam, so that their business figure carried out results in no loss or gain.

## 5. Conclusion

At the end of this study, it emerges that, the climatic conditions, the high potential for access to production inputs at a lower cost, the high potential for skilled labour and the existence of a real and potential market for consumption of goods and services, are the main factors that could promote an exponential increase in the level of annual production of edible oyster mushrooms in Cameroon. It also emerges from this study that, edible mushrooms production is an indisputable means of creating new business opportunities; it could also enables small agro-pastoral farmers to improve their income. Mushrooms production could also contribute significantly on the one hand to reducing the effects of environmental degradation and on the other hand, could contribute to improving the level of agricultural gross domestic product (GDP) of Cameroon. As a ripple effect, more noticeable interventions from national and international publics and private's institutions are needed to ensure effective and efficient support for actors in the mushrooms sub-sector. The results of the study shows that, when the production of edible oyster mushrooms is ensured by individuals endowed with technical and strategic capacities who do not suffer from any dispute, the production gains are greater, compared to the production gains of its substitute and complementary products such as meats, fish's, vegetables and fruits. The result of the study also shows that, the time taken to realize the return on investment of the production edible oyster mushrooms depends on the production area, on the level of experience of the producer and on his sense of professionalism.

## References

**Christian, M., Véronique, C. et Paul, G. (1996).** Le traitement biologique des sols pollués par des composés organiques : l'intérêt des champignons filamenteux.

France : *INRA, unité de phytopharmacie et médiateurs chimique, route de saint-cyr, 78026 Versailles cedex.*

**Cooperative Society with Board of Director for Sustainable Development of Edible Mushrooms (2019).** Annual report on activities for the year 2018. Yaoundé-Cameroun.

**Deslandes, J. et Pic, Y. (2010).** Mise en valeur alimentaire et médicale des plantes et champignons de sous-bois de la forêt feuillue de l'Outaouais : phase 1, rapport préliminaire. Québec : *institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue presse*, 64p.

**Diansambu, M.I., Dibaluka, M.S., Lumande, K.J. et Degreef, J. (2016).** Valorisation de résidus organiques solide d'origine agricoles comme substrats pour la culture de deux espèces de champignons comestibles. Yaoundé-Cameroun : *Rev. Sci et Tech. For. Env. Bassin congo, volume 6*, p. 28-38, avril (2016).

**Djomene, Y.S., Ninkwango, T.A. et Foudjet, A.E. (2020).** Itinéraire stratégique de la production et de la commercialisation des champignons comestibles pleurotus au Cameroun (Cas de la CoopSDEM COOP-CA). Yaoundé-Cameroun: *Rev. Sci. et Tech. For. Env. Bassin congo. Print ISSN: 2409-1963.* Volume 15 p.71-81, octobre 2020.

**Djomene, Y.S., Ninkwango, T.A. et Foudjet, A.E. (2019).** Contribution des Organisations de Producteurs DE champignons comestibles pour assurer la sécurité alimentaire des populations au Cameroun (Cas de la CoopSDEM COOP-CA). Yaoundé-Cameroun: *Rev. Sci. et Tech. For. Env. Bassin congo. Print ISSN: 2409-1963.* Volume 12 p. 48-59, avril 2019.

**Institut National des Statistiques, INS (2015).** Annuaire statistique du Cameroun. Yaoundé-Cameroun : adresse consultée : [www.stat.cm/downloads/2016/note](http://www.stat.cm/downloads/2016/note) prix Yaoundé 20, le 15 mai 2016.

**Mamadou, C. et Brice, R.M. (2016).** Investir au Cameroun : les grands chantiers, l'agriculture, l'énergie, les mines, l'industrie, les services et la finance. Espagne : Rotimpres, *Aignaviva Espagne*. N° 51-52/juillet-août 2016.

**Marine, Diers (2015).** Quel est l'impact de la dégradation de l'environnement sur notre santé ? *RSE. netcommunity Manager and Digital/CSR*, publié le 5 février 2015.

**Ministère de l'Agriculture et Développement Rural-Direction des Enquêtes et des Statistiques Agricoles, MINADER-DESA (2012).** Annuaire des statistiques du secteur agricole : campagne 2009 et 2010. Yaoundé-Cameroun : *AGRISTAT Cameroun*, N°17 Direction des Enquêtes et des Statistiques Agricoles, juillet 2012.

**Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural-Direction de la Règlementation et du contrôle de qualité des intrants et produits agricoles, MINADER-DRCQ (2016).** Etat des lieux de la gestion des pesticides à usage agricoles au Cameroun. *Rapport de la Direction de la Règlementation et du contrôle de qualité des intrants et produits agricoles du MINADER*, mai, 2016.

**Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural-Programme d'Appui au Développement de la Filière Champignons, MINADER-PADFC (2019).** Rapport d'activités annuelles de 2018 du Programme d' Appui au Développement de la Filière Champignons. Yaoundé-Cameroun : *MINADER presse*, rapport final, février 2019.

**Ministère de l'Economie de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, MINETAT (2010).** Projet Agropole de production des champignons comestibles à Akak 1 dans l'arrondissement de Soa (Département de la Mefou et Afamba). Yaoundé-Cameroun : *secrétariat technique comité de pilotage du Développement Rural*. MINEPAT, p. 4.

**Ninkwango, T.A. (2014).** Rapport de l'Assemblée Générale Budgétaire 2014 du Projet de Développement de la Filière Champignon (PDFC) au MINADER. Yaoundé-Cameroun : *Jeune Afrique Economique*, 72p.

**Ninkwango, T.A. (2013).** Rapport d'activité des organisations et de structuration du milieu. Yaoundé-Cameroun : *la voix du paysan*, 13 p.

**Ninkwango, T.A. (2007).** Itinéraire technique de la culture des champignons pleurotes. Yaoundé-Cameroun. *Imprimé par les Etablissements CPA*. BP : 763 Yaoundé-Cameroun, 2007.

**Pierre, Emmanuel, Courty (2010).** The role of ectomycorrhizal communities in forest ecosystem processes : *new perspectives and emerging concept, soil Biology and Biochemistry*, vol. 42, N° 5, mai 2010 p. 679-698.

# Contribution à la mise en place d'un système de management environnemental au sein de l'Unité Spécialisée de Briques Cuites de Nkolbisson dans la Région du Centre au Cameroun

Nopogwo Z.V.C.<sup>1</sup>, Foudjet A.E.<sup>2</sup> et Ondoua A.E.Y.<sup>3</sup>

- (1) **Etablissement** : CRESA Forêt-Bois, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun/  
e-mail : valeriezogning@gmail.com
- (2) **Superviseur Académique** : Professeur Titulaire des Universités, CRESA Forêt-Bois, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun
- (3) **Encadreur Professionnel** : Environnementaliste Chercheur à la MIPROMALO

DOI : <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.4699445>

## 1. Objectif Général (OG)

Contribuer à la mise en place d'un Système de Management Environnemental (SME) au sein de l'Unité Spécialisée de Briques Cuites de Nkolbisson (USBC) en vue d'une amélioration de ses performances environnementales.

## 2. Objectifs spécifiques (OS)

- OS1** : Faire un état des lieux de l'USBC de Nkolbisson;
- OS2** : Hiérarchiser les Aspects Environnementaux (AE) de l'USBC et les risques qu'ils génèrent ;
- OS3** : Proposer un Plan de Management Environnemental (PME) de l'USBC.

## 3. Hypothèse Générale

La mise en place d'un SME au sein de l'USBC de Nkolbisson permet une gestion efficace des aspects environnementaux ainsi qu'une réduction significative des impacts liés à ses activités courantes.

## 4. Hypothèses Spécifiques

- H1** : Les impacts des activités de l'usine sur l'environnement ne sont pas entièrement pris en compte par l'USBC ;
- H2** : Le plan de management environnemental permet une bonne gestion des aspects environnementaux et une amélioration de la performance environnementale de l'USBC ;
- H3** : L'USBC présente des non-conformités.

## 5. Méthodologie

### 5.1. Zone d'étude

La zone d'étude est située dans la région du centre au Cameroun entre les latitudes 3°52 à 3°53 Nord et

les longitudes 11°25 à 11°45 Est et plus précisément dans le département du Mfoundi, l'arrondissement de Yaoundé 7 au quartier Nkolbisson. Elle s'étend sur une superficie de 35,3 km<sup>2</sup>.

### 5.2. Méthode de collecte des données

Les données primaires ont été collectées grâce aux observations de terrain, aux échanges avec le personnel et aux entretiens avec les personnes ressources. Les outils utilisés pour la collecte des données ont été un guide d'observation et un guide d'entretien. Par ailleurs, les données géographiques et les prises de vue sur le terrain ont été obtenues respectivement à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) et d'un Smartphone.

Les données secondaires ont été obtenues essentiellement grâce à la recherche documentaire dans les bibliothèques de plusieurs institutions et à travers internet.

### 5.3. Méthode d'analyse des données

Les données primaires collectées à l'état brut sur le terrain ont été analysées grâce aux méthodes d'hiérarchisation des aspects environnementaux (ISO 14001 : 2015) faites à travers le principe d'hiérarchisation et le calcul de la criticité qui ont permis d'analyser le niveau de conformité réglementaire liée à l'aspect environnemental et la fréquence d'apparition de l'aspect. Les données secondaires ont été analysées grâce à l'analyse textuelle.

## 6. Résultats

### R1 : Etat des lieux de l'USBC

**R1.1** : L'USBC dispose d'un service

d'approvisionnement qui assure l'approvisionnement des matières premières (argile et combustible). Ces matières premières sont acheminées à l'unité par des camions qui émettent des gaz à effet de serre (GES).

**R1.2 :** Dans le service de production, l'on note des émissions de poussières et des nuisances sonores générées par des machines. Des huiles usagées sont déversées autour des machines et contribuent à la pollution du sol. Dans les canalisations des eaux de pluie, sont déversées des huiles usagées qui seront lessivées dans la rivière située au bas fond de l'unité. Ce qui contribue à la pollution de cette eau utilisée pour la lessive par la population riveraine. Plus loin, il est observé que les employés exercent leur travail sans Equipement de Protection Individuelle (EPI).

**R1.3 :** Dans le service de la cuisson, la cuisson des blocs de terre dans le four Hoffman pendant trois jours successifs à une température comprise entre 900 et 1200°C et avec au moins 1litre de gasoil pour le déclenchement du feu occasionnent des dégagements gazeux et de chaleur. L'on retrouve également dans ce service les déchets inertes qui contribuent à l'occupation du sol et à la dégradation du paysage. La quantité importante de ces déchets justifie une gestion suffisamment négligée des déchets à l'USBC.

## **R2 : Hiérarchisation des AE de l'USBC**

### **R2.1 : Identification des AE et risques**

Les AE découlant des activités de l'USBC sont : les émissions atmosphériques, la production des déchets inertes, le déversement d'huiles usagées, la génération des bruits et le non port d'EPI.

### **R2.2 : Hiérarchisation proprement dit des AE de l'USBC**

La hiérarchisation des AE selon les critères préétablis par les grilles de cotation et de l'analyse de la criticité relève 10 risques significatifs, 4 risques ayant une portée moyenne sur l'environnement et 13 risques jugés comme mineurs. Par ailleurs, les risques significatifs enregistrés sont les suivants : la pollution de l'air, la pollution du sol, la production des déchets et les nuisances sonores.

### **R2.3 : Niveau de maîtrise de l'AE**

Des non-conformités ont été constatées après analyse des textes légaux, réglementaires et les exigences proposées par le référentiel pouvant s'appliquer aux activités de l'entreprise. Il s'agit notamment de :

- Absence d'un système de traitement des déchets ;
- Absence d'un plan de suivi des sols ou des rejets d'air ;
- Absence d'un service Qualité Hygiène Sécurité et

Environnement (QHSE) et de son responsable pour la sensibilisation du personnel en ce qui concerne l'importance du port d'EPI ;

- L'inexistence de formation, de sensibilisation du personnel sur des questions d'intérêt environnemental et les consignes de sécurité ;
- Absence d'une politique adaptée au traitement des huiles usagées ;
- En raison du caractère facultatif de la loi relative à la normalisation, l'USBC n'a adhéré à aucune norme ;
- Absence d'une étude des dangers, d'une étude d'impact environnemental et social et d'un audit.

**R2.4 :** Après la maîtrise de la veille réglementaire, les AE sont réévalués. Cette réévaluation relève 27 risques donc 9 risques significatifs, 5 risques moyens et 13 risques mineurs avec respectivement 33,33% ; 18,51% et 48,14% de risques. Les aspects environnementaux significatifs enregistrés (AES) sont : les émissions dans l'air, la pollution du sol et la production des déchets inertes.

## **R3 : Proposition d'un PME à l'USBC de Nkolbisson**

Pour améliorer ses performances environnementales, l'USBC se doit d'adopter les pratiques écologiques telles que :

- Au niveau des mesures d'émissions dans l'air, l'USBC doit retourner à l'énergie électrique pour l'alimentation du four Hoffman et mettre en œuvre le projet d'exploitation de la carrière située à Nkolbisson afin de supprimer la ligne budgétaire du transport d'argile venant d'Etoa. Ces actions permettront de réduire voire d'annuler les émissions dues au transport de bois considéré comme la deuxième source d'émission de GES à l'USBC.
- En vue de protéger le sol et les écosystèmes face aux pollutions dues au rejet des huiles usagées, il sera nécessaire pour l'USBC d'imperméabiliser les surfaces les plus exposées au déversement des huiles usagées et de connecter l'unité à un service de vidange pour le vidange de ses équipements.
- Pour contribuer à une gestion durable des ressources naturelles, l'USBC doit broyer une quantité importante des produits défectueux pour la fabrication de la chamotte et établir un partenariat avec des structures agréées à la gestion des déchets de briques cuites qui peuvent les réutiliser pour le remblaiement et la stabilisation de certaines routes ou à défaut les éliminer dans des décharges appropriées comme les installations de stockage de



déchets inertes (ISDI). Ces mesures permettront de donner une deuxième vie à la brique cuite et d'économiser les ressources naturelles.

## 6. Discussion

La réalisation de l'état des lieux au sein des différents services de l'USBC démontre de nombreux impacts environnementaux tels que la pollution de l'air et du sol, des nuisances sonores et la production des déchets.

La hiérarchisation des AE de l'USBC révèle que le transport des matières premières, le séchage et la cuisson des briques sont les activités ayant des impacts et aspects environnementaux significatifs (AES) suite aux émissions des GES. Ce résultat va dans le même sens que ceux du Ministère de l'Ecologie, du développement durable et de l'Energie de France (2012) qui désignent le secteur des transports comme le plus gros émetteur des émissions atmosphériques et ceux de Kassa (2012) et de Elyadini (2017) qui démontrent que le pourcentage élevé des émissions de GES est dû à la combustion des énergies fossiles.

La mise en place d'un PME permet à l'USBC d'améliorer ses performances environnementales à travers la maîtrise de ses AE. Ce résultat va dans la même direction que les travaux de Mounguengui (2012) et Biyé (2015) rapportant que la mise en place d'un SME au sein d'une entreprise permet à ce dernier de montrer son engagement face aux

problématiques environnementales, de santé et de sécurité au travail.

## 7. Recommandations

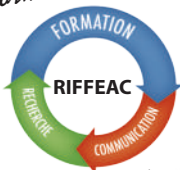
- Aux pouvoirs publics de promulguer les textes législatifs et réglementaires et de régulariser les descentes dans les entreprises industrielles ;
- A la direction de la MIPROMALO de se conformer aux normes et lois en vigueur, de faire un audit environnemental et social de l'USBC et de recruter un responsable QHSE devant sensibiliser le personnel sur les risques liés à chaque poste de travail et les consignes de sécurité ;
- Aux personnels de l'USBC d'assister aux séminaires de formation et de sensibilisation portant sur la gestion environnementale et de porter et entretenir de manière précieuse les EPI offerts par l'entreprise.

**Mots clés** : *Système de management environnemental, performance environnementale, aspect environnemental, plan de management environnemental, briques de terre cuite*

**Mémoire de Master Professionnel en Etude d'Impact Environnemental soutenu le 12 Août 2020 au CRESA Forêt-Bois en République du Cameroun**

## L'Adéquation Formation/Emploi dans le Bassin du Congo

*La formation au cœur*



*de la gestion durable*

RÉSEAU DES INSTITUTIONS DE FORMATION FORESTIÈRE  
ET ENVIRONNEMENTALE D'AFRIQUE CENTRALE



**DES COMPÉTENCES...  
ET DES RESSOURCES**



**UN BASSIN DE COMPÉTENCES POUR LA CONSERVATION  
ET LA SAUVEGARDE DES RESSOURCES**

## **Hommage à Denis Durand (1953-2021)**

---

**In Memory - Denis Durand Forever (1953 - 2021 (67 ans))**



### **Denis Durand**

***1953 - 2021 (67 ans)***

C'est avec tristesse que nous vous faisons part du décès de M. Denis Durand, à l'âge de 67 ans, à l'Hôtel-Dieu de Québec à la suite d'un cancer fulgurant. Il laisse dans le deuil ses enfants adorés Sophie (Félix Gagnon-Bédard), Martin et Thomas Jobin-Durand (Graziella Nadeau) ; ses petites-filles chéries Mikaëla et Lenny-Jane, son frère

et ses sœurs : François (Johanne Boucher), Marie (Claire Vanier), France, Lucie, Anne et Sylvie ; sa grande amie Caroline Olivier ainsi que plusieurs oncles, tantes, neveux, nièces, cousins, cousines, amis et collègues de travail du CERFO (Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc.).

## Hommage à Denis Durand (1953-2021)

Amoureux de la forêt, il est toujours demeuré très proche de la nature, a toujours eu à cœur sa préservation et a développé une passion jamais démentie pour la chasse et la pêche. C'est d'ailleurs avec conviction qu'il a transmis cette passion à ses enfants et ses petites-filles.

La famille tient à exprimer ses sincères remerciements à tout le personnel de l'Hôtel-Dieu de Québec pour le dévouement, les bons soins prodigués, le soutien et la gentillesse démontrés à son égard lors de sa fin de vie.

En raison de la pandémie, une cérémonie privée où seulement les membres de la famille immédiate de Denis ont été invités, a eu lieu dimanche le 28 mars 2021 à la maison funéraire. Toutefois, une cérémonie

de commémoration ouverte à tous ceux qui l'ont connu, aimé et apprécié aura lieu au cours de l'été dès que les circonstances le permettront.

Vos témoignages de sympathie peuvent se traduire par un don au Fonds de bourses de la Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique de l'Université Laval, fonds #0615 servant à offrir des bourses d'études à des étudiant(e)s de la faculté de foresterie dont voici le lien : <https://www.ulaval.ca/fondation/donner/fonds/0615/>

*Pour renseignements : Complexe Claude Marcoux, 1845 boulevard Guillaume-Couture, Lévis, secteur Saint-Romuald, 418 839-8823, [info@groupegarneau.com](mailto:info@groupegarneau.com)*

**Famille Durand (Québec, Canada)**

### Témoignages

#### *« Denis, le conseiller et dirigeant d'entreprise! »*

Denis a profondément marqué tous ceux et celles qui l'ont côtoyé par sa gentillesse, son entregent et son sens de l'humour très prononcé. Au cours de sa carrière d'ingénieur forestier, il a été très apprécié notamment lors de ses nombreuses missions réalisées à l'international et plus particulièrement en Afrique, au sein des firmes de génie-conseil où il a œuvré. Plus récemment au CERFO, il a grandement contribué à la mise en place du laboratoire de télédétection, à la consolidation d'un important réseau de dispositifs expérimentaux à travers la province de Québec et à la construction des nouveaux locaux du Pavillon de la Recherche du cégep de Sainte-Foy.

Denis avait une grande capacité d'écoute, son attention envers les autres, son aptitude à trouver des solutions simples à des situations complexes, sa grande expérience personnelle et professionnelle et son flair à discerner les opportunités faisaient de lui un bon conseiller personnel et un excellent dirigeant d'entreprise.

Son passage au CERFO aura marqué tous ses membres, car il avait à cœur la bonne entente entre tous et entre les organisations tels qu'en témoignent l'ambiance de

travail chaleureuse et respectueuse du CERFO et le resserrement des liens entre le CERFO et le cégep de Sainte-Foy, le département de technologie forestière du cégep et tous les partenaires du milieu forestier.



**Donald Blouin, Directeur Général par intérim et l'équipe du CERFO (Québec, Canada)**

#### *« Denis, l'homme de terrain, toujours humble et optimiste ! »*

« J'ai connu Denis DURAND, lors de mon entrée en fonction au décanat de la Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique (FFGG) de l'Université Laval. Aussitôt entré en fonction, Denis me demandait

d'assumer la présidence du Conseil d'administration (CA) du CERFO, alors qu'il en assumait la direction générale. La faculté et le CERFO sont des partenaires de longue date et Denis croyait qu'il était nécessaire

## Hommage à Denis Durand (1953-2021)

---

que la FFGG-UL soit représentée en bonne position à son CA. C'est dans ce contexte que notre collaboration prenait un nouvel essor autour du projet d'appui à la formation en gestion des ressources naturelles dans le Bassin du Congo (FOGRN-BC), un grand projet de coopération canadienne, financé par l'Agence Canadienne de Développement International (ACDI) à l'époque, visant à structurer la capacité de formation de techniciens et ingénieurs en foresterie et génie environnemental dans la région du bassin du Congo. Nous avons travaillé de concert à l'époque pour soutenir la mise sur pied du RIFFEAC, au service de la mise en œuvre d'infrastructures majeures de formation et de recherche, dans la sous-région et à la formation de nouvelles cohortes de doctorants, destinées à devenir la colonne vertébrale d'une capacité de formation et de recherche autonome. Ce projet a été rapidement suivi par le Projet d'appui au programme élargi de formation en gestion des ressources naturelles dans le Bassin du Congo (PEFOGRN-BC), grâce au financement du Fonds pour les forêts du bassin du Congo administré par la Banque africaine de développement. Ces projets de coopération avaient leurs complexités, dues au grand nombre de partenaires nationaux dans la sous-région et au grand nombre d'institutions d'enseignement supérieur collaboratrices et de la multiplicité des partenaires financiers.

Dans cette entreprise majeure, j'ai découvert en Denis DURAND, un collaborateur d'une redoutable efficacité. Toujours à la recherche de solutions, toujours optimiste, Denis était le genre de personne que vous voulez avoir dans votre équipe lorsqu'il s'agit de livrer des projets complexes sur le terrain.

### « Denis, Monsieur Solution! »

Éloge à un exceptionnel compagnon de route professionnelle et personnelle. Voici Denis «Mon Monsieur Solution»

Deux jours avant son décès, j'ai rencontré Denis à l'hôpital. Denis m'avait fait savoir par un de ses collègues qu'il aimerait me voir avant ce grand départ. J'étais content de cette invitation et fort ému lorsque je l'ai trouvé dans son lit, avec encore un de ses grands sourires et ses grands yeux qui manifestaient son contentement de me voir. Il ne pouvait parler mais on a réussi à avoir de très beaux échanges. Je l'ai remercié de sa belle présence dans ma vie professionnelle. Denis par les succès qu'il a

Animé par un engagement profond au service de la coopération internationale, agissant constamment dans une perspective de réalisation et d'autonomisation, nous ne pouvions qu'admirer son caractère d'un éternel optimisme. Et à force de collaborer, de mieux se connaître, il était inévitable que fleurisse l'amitié. Ainsi c'est avec une immense tristesse que nous avons été frappés par la nouvelle de son départ prématuré. Denis, par-delà la finitude de nos vies, je te transmets mes meilleurs vœux d'amitié, un immense merci pour ta contribution ici-bas. Le souvenir de ton séjour parmi nous vivra toujours tenace dans nos cœurs. ***Merci Denis DURAND et Repose en paix. »***



**Robert Beauregard, Vice-recteur aux études et aux affaires étudiantes et Vice-recteur exécutif (Université Laval, Québec, Canada)**

eu avec plusieurs de ses projets a largement contribué au succès de de l'entreprise que je dirigeais. Il savait remettre en question mes approches et il était aussi ouvert à toutes mes remarques sur les mandats que je lui confiais. Nous avons une confiance mutuelle à toute épreuve et dans les difficultés qui ne manquaient jamais de se présenter, il était mon «Monsieur Solution».

Oui, nous avons ensemble réaligné plusieurs projets qui avaient été conçus plusieurs années avant leur réalisation sans toutes les méthodologies et/ou technologies dont nous disposions au moment de leur réalisation.

## Hommage à Denis Durand (1953-2021)

---

Je l'ai côtoyé pendant près de 10 ans et je me souviens encore de son sens de l'humour qui savait dédramatiser bien des situations. Il a aussi été présent dans ma vie personnelle, parties de pêche, longues jases pour régler tous les problèmes du monde, enfin, un collègue de travail exceptionnel, et un compagnon de vie toujours présent dans les moments difficiles.

Nos carrières se sont séparées et je me suis beaucoup ennuyé de sa jovialité, de sa simplicité et sa grande humanité durant les dernières années de ma vie professionnelle.

Je l'ai quitté le dimanche 14 mars 2021 après une chaleureuse accolade et une solide poignée de main.

*L'éternité, l'éternité qui nous sépare saura, saura bien un de ces jours nous réunir à nouveau.*



Jean-Louis Kérouac, Président de TecSult Foresterie Inc. de 1990 à 2001 (Québec, Canada)

### « Denis, l'expert dévoué à la cause du Bassin du Congo »

Denis était avant tout un homme de cœur qui vivait sa passion pour la forêt avec et pour les gens qui en vivent et qui la respectent.

Doté d'une intelligence remarquable, Denis avait ce flair et cette finesse qui lui permettaient de réaliser ce que plusieurs pensaient impossible.

Travailler avec Denis c'était avant tout une joie et un extraordinaire privilège de toujours apprendre quelque chose de nouveau de ce bâtisseur qui savait penser en dehors des cadres traditionnels.

Que de plaisir d'œuvrer avec lui au développement du secteur forestier du bassin du Congo. Denis était un homme dévoué à la cause du développement des populations à travers sa grande expertise en foresterie.

*Il demeurera non seulement dans notre cœur mais aussi dans notre esprit comme une grande source d'inspiration pour ceux et celles qui œuvrent au développement du secteur forestier partout sur notre planète.*



Éric Bauce, Professeur au Département de Sciences du bois et de la forêt-FFGG (Québec, Canada)

### « Denis, l'ami sincère »

J'ai connu Denis pour la première fois au téléphone alors que j'étais Research Assistant Professor au Department of Renewable Resources, Faculty of Agriculture, Forestry, and Home Economics, de l'University of Alberta, Canada (1996-2000). En sa qualité de Vice-Président de TecSult Foresterie Inc.

et de responsable du projet canadien sur la gestion durable des forêts camerounaises financé par l'ACDI, je lui avais demandé une lettre d'appui qui m'a permis d'obtenir une subvention de l'University of Alberta International pour effectuer une première mission au Cameroun en 2000 afin d'explorer des collaborations

## Hommage à Denis Durand (1953-2021)

---

scientifiques entre l'Université d'Alberta et les institutions de recherche et d'enseignement supérieur au Cameroun dont l'Université de Dschang. Au même moment Madame Clotilde NGOMBA, que Denis connaissait bien, actuellement Directrice nationale de WWF-Cameroun et ancienne coordonnatrice du Fonds pour les Forêts du Bassin du Congo (FFBC) à la Banque Africaine de Développement (BAD), effectuait au département d'économie rurale, dans la même faculté, sa maîtrise en économie agricole et des ressources sous la supervision des Professeurs Grant Hauer et Marty Luckert et les auspices de l'ACDI. Dès mon engagement à l'Université Laval en 2001, mes différentes autorités facultaires, le Vice-doyen à la recherche et aux études avancées, Éric Bauce (1998-2007), et le Doyen Robert Beauregard (2007-2016) m'ont beaucoup appuyé pour développer des projets internationaux de formation forestière et environnementale en Afrique centrale. Le programme régional de l'Afrique du centre et de l'ouest (PRACO) de l'ACDI a accordé le financement au projet FOGRN-BC de juillet 2008 à décembre 2014, exécuté par la FFGG. Le volet de la formation technique de ce projet majeur a été confié en sous-traitance au CERFO grâce au soutien indéfectible et à la détermination de Denis Durand, devenu alors Directeur général de ce centre, et qui croyait profondément à l'importance de cette initiative pour le bassin du Congo (BC). En qualité de Directeur dudit projet à la FFGG, j'ai eu de nombreuses rencontres de travail avec Denis parfois même en fin semaine le samedi en dehors des heures normales de travail au CERFO pour élaborer et mettre en oeuvre le projet. Le plein succès de FORGRN-BC a convaincu le FFBC, de nous inviter à soumettre une proposition d'élargissement du modèle du projet FOGRN-BC testé dans trois pays représentatifs du BC (Cameroun, Gabon et RD Congo) dans l'ensemble des 10 pays membres de la Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC). La préparation de ce projet en avril 2010 à Libreville au Gabon fût difficile en raison de l'éruption du volcan islandais, l'Eyjafjallajökull, qui a projeté dans l'atmosphère un panache de cendres, ayant conduit à la fermeture de l'espace aérien européen. Denis et moi avons bravé ce danger en prenant Royal Air Maroc de Montréal pour arriver à Libreville à 4:00 am. Le travail de préparation du projet a commencé à 9:00 am après quelques heures de sommeil, en compagnie de l'ancien Président du Conseil d'administration du RIFFEAC, M. Jean-Claude Nguinguiri, de l'ancien

Coordinateur du RIFFEAC, Feu Dr Ibrahim Sambo et de l'ancien Task Manager de la BAD, M. Pierre Nguinda. Le financement de la première phase du Projet PEFGRN-BC, par le FFBC, de juillet 2011 à mars 2015 a permis au RIFFEAC de passer à sa phase de croissance et d'établir son siège à Yaoundé en tant qu'organe technique de la COMIFAC pour la mise oeuvre des axes transversaux de son Plan de convergence révisé 2015-2025 (renforcement des capacités et amélioration des connaissances, recherche et développement et communication de résultats). L'Université Laval et le CERFO ont travaillé main dans la main pour accompagner le RIFFEAC à développer de manière participative des nouveaux programmes de formation universitaire et technique et construire et/ou améliorer les infrastructures (salles de classe et multimédia, laboratoires, bâtiments multi-services, bibliothèques, matériels roulants, dortoirs). Sur base de ce partenariat fort fructueux, le RIFFEAC a également invité Laval et CERFO à l'accompagner dans l'élaboration des modules de formation en gestion durable des forêts dans le cadre de leur projet de renforcement des capacités des membres du RIFFEAC pour la formation en gestion durable des concessions forestières, financé par l'Organisation internationale pour les bois tropicaux (OIBT). Le point culminant de ce contrat externe a été la restitution des résultats de modules développés lors d'une conférence internationale sur la formation forestière dans le BC à Douala (Cameroun) du 05-07 mars 2018, à laquelle Denis et moi avons été invités par le Coordinateur du RIFFEAC, Prof Claude Kachaka. La présentation de nos résultats nous a permis de discuter avec nos partenaires de l'éventuelle phase II du projet PEFGRN-BC et de la synergie possible avec les appuis de l'OIBT au RIFFEAC. Denis croyait beaucoup à l'importante nécessité d'assurer l'excellence dans la formation de la relève africaine et québécoise en foresterie. Il me disait toujours : « Damase dans nos projets, nous devrions essayer de former 3 techniciens pour un ingénieur forestier, c'est le bon ratio qu'il faut pour une gestion durable des forêts ». Denis a toujours contribué, de par ses nombreuses expériences, à la relève québécoise en foresterie internationale. Entre autres, il partageait son expérience internationale et donnait toujours un support d'appoint aux missions de foresterie internationale que j'ai organisées avec des étudiants de la FFGG de 2008 à 2019.

Très tôt le samedi 6 mars 2021, je recevais l'appel

## Hommage à Denis Durand (1953-2021)

---

d'un ami du CERFO, M. Guy Lessard, un proche collaborateur de Denis m'annonçant qu'il était très malade. J'ai tout de suite pris un rendez-vous texto le même jour pour le visiter. Arrivé chez-lui, nous avons partagé ensemble sur sa maladie et de la mission de chacun de nous définie par notre créateur sur cette terre des hommes (La parabole des talents : Matthieu 25 :14-30). Mon épouse qui ne pouvait pas m'accompagner m'a demandé de l'appeler de chez-lui. Elle a pu lui parler et je voyais dans ses yeux l'attention qu'il portait aux mots de réconfort de mon épouse. Nous avons passé de beaux moments de partage ensemble et à revisiter les différentes réalisations de nos projets communs à travers l'album Photos du projet FOGRN-BC (2008-2013). Nous avons encore discuté de la phase II pour la consolidation la phase I et le déploiement de nouveaux programmes développés durant la phase I. Il me confiait que pour lui le problème le plus important à régler pour une gestion durable de forêts tropicales africaines est l'agriculture itinérante sur brûlis et au moment de le quitter il me disait qu'il allait rencontrer son équipe la semaine 8 mars pour que le CERFO puisse continuer à travailler avec Laval sur ce dossier. Il devait aussi parler de sa maladie à notre Doyenne, Prof Nancy Gélinas, présidente du Conseil d'administration du CERFO la même semaine. Il a effectivement rencontré son équipe le 10 mars et est entré à l'hôpital l'Hôtel-Dieu de Québec la même semaine mais pour une durée éphémère. Même sur son lit d'hôpital, il a continué à prodiguer ses conseils professionnels. Il nous a quittés sur cette terre des hommes très rapidement le 16 mars 2021.

Très Cher Denis, toute l'équipe des projets FOGRN-BC (2008-2013) et PEFGRN-BC (2011-2015) composée de Marie-France Gévry et Gilles Cotteret (coordinateurs de projet, FFGG), Nathalie Carisey (Conseillère en développement de la recherche, FFGG), Caroline Olivier (coordinatrice de projet-volet technique, CERFO), Marc-Antoine Désy

### *« Denis, l'amoureux et passionné de la forêt! »*

Il m'est difficile de tracer en quelques lignes le parcours élogieux de Denis, un ingénieur forestier avec une brillante carrière professionnelle, très apprécié notamment lors de ses nombreuses missions réalisées à l'international et plus particulièrement en Afrique, au sein des firmes de génie-conseil, au

(Ancien Agent de recherche et de planification, Bureau international), Stéphanie Dubé Desrosiers et Jacynthe Leblanc (adjointes à l'administration); ainsi que son comité de gestion présidé par le Doyen Honoraire Robert Beauregard et co-présidé par le Directeur du bureau international Richard Poulin reconnaissent en toi tes talents d'entrepreneur et de développeur, animé d'une grande mission pour la formation et le partage des connaissances, empreints de valeurs humaines exceptionnelles. Votre énergie fougueuse, votre détermination et votre sens de l'engagement ont été pour nous une grande source de motivation. Tout était possible, littéralement.

Nous te disons un grand merci pour le travail collaboratif accompli ensemble sur cette terre des hommes et te gardons dans nos pensées pour toujours. La FFGG continuera sa collaboration avec le CERFO pour que tu puisses voir de l'au-delà la réalisation de la phase II tant espérée avec le fonds canadien FFBC administré par la BAD ou tout autre mécanisme de financement.

*Que ton âme repose en paix.*



**Damase Khasa, Professeur au Département de Sciences du bois et de la forêt-FFGG et Équipe des projets FOGRN-BC et PEFGRN-BC (Québec, Canada)**

CERFO et que la mort nous a arraché brutalement le 16/3/2021 à Québec / Canada.

J'ai connu Denis, pour la première fois, entre 2008 et 2014 quand j'étais Doyen de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Kinshasa (RDC) autour du « Projet d'appui à la Formation en Gestion



## Hommage à Denis Durand (1953-2021)

---

des Ressources Naturelles dans le Bassin du Congo (FOGRN-BC) », un grand projet de coopération canadienne, financé par l'Agence Canadienne de Développement International (ACDI) à l'époque, visant à relancer et à structurer la capacité de formation des techniciens et ingénieurs en foresterie et en génie environnemental dans la région du Bassin du Congo.

Dans le partenariat CERFO–UNIVERSITE LAVAL, Denis évoluera ainsi dans les équipes des projets FOGRN-BC (2008-2013) et PEFOGRN-BC (2011-2015) composées de : Prof. Robert Beauregard, Doyen Honoraire FFGG, Prof. Nancy Gélinas, Doyenne FFGG, Prof. Damase Khasa FFGG, Marie-France Gévry et Gilles Cotteret (coordinateurs de projet, FFGG), Nathalie Carisey (Conseillère en développement de la recherche, FFGG), Caroline Olivier (coordinatrice de projet-volet technique, CERFO) et autres.

Le Projet FOGRN qui était conduit dans 3 pays cibles du BC à savoir le Cameroun, le Gabon et la RDC fut rapidement suivi par le Projet d'appui au Programme Elargi de FORMation en Gestion des Ressources Naturelles dans le Bassin du Congo (PEFOGRN-BC), grâce au financement du Fonds pour les Forêts du Bassin du Congo (FFBC) gérés par la Banque Africaine de développement (BAD).

Le Projet PEFOGRN-BC était complexe car il devrait s'étendre dans 9 pays de l'espace COMIFAC (Burundi, Cameroun, Congo, Gabon, Guinée Équatoriale, République Centre Africaine, République Démocratique du Congo, Rwanda, Tchad) avec une plate-forme composée de 22 Institutions (Volet Universitaire et Volet Technique) et avec une multiplicité des Partenaires Techniques et Financiers (PTF).

Les Projets FOGRN-BC et PEFOGRN-BC (phase I) ont contribué à la mise sur pied du RIFFEAC en fournissant des infrastructures de formation et de recherche (salles de classe et multimédia, laboratoires, bâtiments multi-services, bibliothèques, matériels roulants, dortoirs, revue scientifique...) dans la sous-région et en octroyant des bourses de formation aux étudiants dans les programmes de doctorat et de maîtrise principalement à l'Université Laval et au sein de la sous-région (BC).

Le RIFFEAC a bénéficié du concours et de l'accompagnement de l'UNIVERSITE LAVAL et de CERFO, pour développer, d'une manière participative, de nouveaux programmes de formation

universitaire et technique et construire et/ou améliorer les infrastructures de formation et de recherche.

Profitant de ce partenariat fort fructueux, le RIFFEAC a également invité l'Université Laval et le CERFO à l'accompagner dans l'élaboration des modules de formation en gestion durable des forêts dans le projet OIBT (Organisation internationale pour les bois tropicaux) sur « le renforcement des capacités des membres du RIFFEAC pour la formation en gestion durable des concessions forestières (GDF) ».

Sur invitation de la Coordination Régionale du RIFFEAC, le Prof. Damase KHASA (Université Laval) et l'Ingénieur Denis DURAND (CERFO) ont participé à la Conférence Internationale de l'OIBT sur « la formation forestière dans le Bassin du Congo », organisée à Douala (Cameroun) du 05-07 mars 2018. Ils ont profité de l'occasion pour présenter les résultats de la première phase du Projet PEFOGRN-BC et discuter avec les partenaires de l'éventuelle phase II du projet PEFOGRN-BC et de la synergie possible avec les appuis de l'OIBT au RIFFEAC.

Amoureux et passionné de la forêt, Denis était un homme gentil, convivial, avec un sens élevé de l'humour.

Je me souviens encore de partage de poisson braisé à Douala (Denis, Damase et Claude) en mars 2018 lors de sa participation à la Conférence Internationale de l'OIBT et de partage de Ndolé au Restaurant « Feuilles vertes » de Yaoundé (Nathalie, Denis, Damase, Claude).

*Adieu Denis et que ton âme repose en paix !*



Claude Kachaka S.K., Coordonnateur Régional du RIFFEAC

## Hommage à Denis Durand (1953-2021)

---

« *Denis, le généreux!* »

J'ai connu Denis comme forestier moi-même il y a 25 ans, lors de missions de l'ACDI pour collaborer au projet forestier important de gestion qu'il pilotait pour Tecresult. Le contact était aisé et la coopération totale. J'eus même l'occasion de jouer au tennis avec Denis au club de M. Noah père à Yaoundé. Bons souvenirs d'échanges avec le patron qui évidemment suivait de près la carrière de fiston Yannick!

Puis nous nous sommes perdus de vue jusqu'au moment de ma retraite en 2010. De retour au Québec je pus le revoir à son nouveau travail de directeur du CERFO. Chaque fois que j'allais le rencontrer il était disponible et prenait le temps d'interagir.

Il m'offrit aussi un beau mandat de préparer les bases d'une nouvelle politique forestière pour la Guinée Conakry. Cela fut très enthousiasmant. Et me permit de le rencontrer souvent à cette occasion et d'échanger des nouvelles et des idées. Et apprendre sa passion pour la nature dans son campement en plein bois au nord de Forestville.

Nous allions parfois manger au resto Memento sis à quelques mètres de son bureau ; où il connaissait tout le personnel pour lequel il avait toujours de bons mots. J'ai parlé à Denis début mars au téléphone. Pour

l'encourager et l'assurer de soutien moral. Et sans le savoir pour lui dire adieu.

*Qu'il revive dans la Grande Forêt Éternelle, sa personne et son souvenir seront toujours dans nos cœurs et nos âmes.*



**Michel Laverdière, Conseiller forestier sénior Afrique de l'ACDI, 1979-1998 et Spécialiste forestier FAO Afrique 1998-2010, Québec, Canada**

**Adieu Denis le généreux humaniste !!!**

### Necrologie

La grande famille du RIFFEAC (Réseau des Institutions de Formation Forestière et Environnementale d'Afrique Centrale) a le regret

d'annoncer le décès survenu le 16 Mars 2021 de suite de maladie de Monsieur Denis Durand. L'inhumation a eu lieu dans la stricte intimité familiale.

### Atelier d'élaboration du tableau de bord 2021 de la viabilité financière pour le système national d'aires protégées du Cameroun “financial sustainability scorecard 2021 for the Cameroon national protected areas system”

*Du 23 au 24 Mars 2021 à Mbalmayo au Cameroun*

S'est tenu à l'Hôtel Départemental à Mbalmayo, du 23 au 24 Mars 2021 l'atelier d'élaboration du tableau de bord 2021 de la viabilité financière pour le système national d'aires protégées (AP) du Cameroun/“Financial Sustainability Scorecard 2021 for the Cameroon National Protected Areas System”.

La rencontre organisée par le Secrétariat Exécutif de la COMIFAC, en partenariat avec le MINFOF/PNUD/FEM avait pour objectif général de renseigner le tableau de bord financier 2021 de la viabilité financière pour le système national d'aires protégées du Cameroun.

Cet atelier a connu la participation effective d'une dizaine de personnes représentant les groupes d'acteurs suivants :

- Administrations sectorielles intervenant sur la question du financement des AP au Cameroun : MINFOF & MINEPDED ;
- Institution intergouvernementale : COMIFAC ;
- Partenaires techniques et financiers (PTFs) : FEDEC, FTNS, WWF & FCTV
- Les Experts du Projet régional

Des études ont été menées en 2020 par des Consultants commis par le projet régional sur les mécanismes de partage des revenus issus des AP pilotes (Parcs nationaux de Lobéké & Campo Maan) et l'évaluation de la valeur économique desdits sites.

Au début du projet en 2018 le tableau de bord financier de la viabilité financière pour le système national d'aires protégées du Cameroun a été renseigné (Njiang A., Ngandjui G., Abe E. S., 2018 – Financial Sustainability Scorecard: for the Cameroon

National Protected Areas Systems . PNUD/Energy & Environment Group/Bureau for Development Policy.

Le PNUD a élaboré un tableau de bord pour aider les gestionnaires des AP et les gouvernements à suivre leurs progrès afin de garantir la viabilité financière du système national d'AP. Le tableau de bord a été conçu au niveau du système d'AP et non pas au niveau des sites, parce que :

- Certaines activités comme la révision des lois et textes, la gestion des fonds, et la fixation des droits d'entrées dans les AP, sont exécutées au niveau national;
- il y a des activités qui nécessitent un effort coordonné et le soutien de plusieurs institutions gouvernementales, notamment le Ministère des Finances, qui sont les mieux réalisées à travers un système de gestion et de financement centralisé ;
- des sites nécessitent souvent des activités similaires de sorte qu'il est rentable de réaliser ces dernières, notamment la formation ou la surveillance à partir du pouvoir central ;
- la collecte de fonds peut être plus efficace si elle est coordonnée à partir du centre ;
- la planification au niveau du système permet l'inter-financement entre les sites, et
- l'harmonisation des systèmes de frais d'entrée dans les AP peut réduire les problèmes de concurrence entre les sites.

Bien vouloir télécharger le rapport : [https://pfbc-cbfp.org/actualites-partenaires/areas-system.html?file=files/docs/news/3-2021/A\\_RAPPORT\\_FINAL\\_Atelier%20SCORECARD%202021\\_30Mars2021%281%29.pdf](https://pfbc-cbfp.org/actualites-partenaires/areas-system.html?file=files/docs/news/3-2021/A_RAPPORT_FINAL_Atelier%20SCORECARD%202021_30Mars2021%281%29.pdf)

### Le Groupe de Travail Biodiversité d'Afrique Centrale (GTBAC) élabore et valide sa feuille de route 2021 !

*Du 09 au 13 Mars 2021 à Douala au Cameroun*

Le Secrétariat Exécutif de la COMIFAC avec le soutien Technique et financier de l'Union

Européenne à travers le Programme ECOFAC 6 et de la Coopération Allemande à travers le projet GIZ

## Nouvelles

---

d'appui à la COMIFAC, a organisé du 09 au 13 Mars 2021, à Douala au Cameroun, dans la salle de réunion Jacaranda de l'hôtel AKWA PALACE, la trentième et unième réunion du Groupe de Travail Biodiversité d'Afrique Centrale (GTBAC). Cette réunion a été organisée en prélude à la 24ème réunion de l'Organe Subsidaire chargé de fournir des Avis Scientifiques, Techniques et Technologiques (OSASTT-24), la 3ème réunion du Groupe de travail à composition non limité et la COP 15 sur la Biodiversité, dont la programmation reste attendue au regard de la recrudescence de la crise sanitaire relative à la pandémie du COVID-19.

Cet atelier avait pour objectifs de faire le point sur les processus et les réunions de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB), d'évaluer la mise en œuvre de la feuille de route 2020 et de définir les perspectives du GTBAC pour l'année 2021.

Les travaux se sont déroulés en six (6) sessions portant sur : (i) Echanges sur les conclusions des réunions internationales et les activités de la Deuxième Réunion du Groupe de Travail à composition non limitée sur l'après-2020 (ii) Examen et validation des rapports des études , (iii) Point sur les processus et réunions de la Convention sur la diversité biologique, (iv) Mise en oeuvre du Protocole APA et du Protocole de Cartagena sur la biosécurité dans les pays de l'espace COMIFAC, (v) Echange sur l'adéquation formation-emplois et conservation de la biodiversité, (vi) Etat de mise en œuvre de la feuille de route 2020-2021 du GTBAC et perspectives.

A la suite de la présentation des objectifs, des résultats attendus, de la méthodologie de la réunion et de l'approbation de l'agenda, les travaux se sont poursuivis en plénière par une série d'exposés suivie de débats et de travaux en groupe.

### **Les pays membres de la COMIFAC font le point sur les processus de la CCNUCC aux niveaux global et sous-régional**

*Du 09 au 13 mars 2021 à Douala au Cameroun*

S'est tenu à l'Hôtel AKWA PALACE à Douala en République du Cameroun du 09 au 13 mars 2021, l'Atelier sous-régional de suivi de la révision des Contributions Déterminées au Niveau National (CDN) des pays d'Afrique Centrale. Bien vouloir télécharger le communiqué final de l'atelier...

Cet atelier a été organisé par le Secrétariat Exécutif de la Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC), avec l'appui du projet GIZ « Appui régional à la COMIFAC », financé dans le cadre de la coopération technique de la République Fédérale d'Allemagne.

Y ont pris part aussi bien en présentiel qu'en Visio conférence, une trentaine de participants comprenant : le Président de l'Organe Subsidaire Scientifique et Technique de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), une représentante du Président du Groupe des Négociateurs Africains, les Points Focaux Nationaux auprès de la CCNUCC, les Points Focaux Nationaux/AND

du Fonds Vert pour le Climat, les Coordonnateurs des Communications nationales et des CDN et les Coordonnateurs Nationaux COMIFAC ou leurs représentants du Cameroun, du Congo, de la Guinée Equatoriale , de la République Centrafricaine, de la République Démocratique du Congo et du Tchad, l'équipe du Secrétariat Exécutif de la COMIFAC, le Co-Facilitateur de la République Fédérale d'Allemagne du Partenariat pour les Forêts du Bassin du Congo (PFBC), le Projet GIZ « Appui régional à la COMIFAC », les représentants du Centre d'Application et de Prévision Climatologue de l'Afrique Centrale (CAPC-AC), deux représentants des organisations de la Société Civile (CEFDHAC et ROSEVAC), le PNUD, l'ICAT/UNOPS, le cabinet Ernst et Young, l'initiative AGNES/CRDI, l'équipe du programme CORDEX d'Afrique Centrale, et les personnes ressources.

L'objectif de cet atelier était de permettre aux pays membres de la COMIFAC de faire le point sur les processus de la CCNUCC aux niveaux global et sous-régional.

### **L'Union européenne et la GIZ appuient l'Ecole de Faune de Garoua, à travers un apport en matériel de communication de terrain**

*Le 16 février 2021 à Garoua au Cameroun*

L'Union européenne et la Coopération Technique Allemande se sont engagées à apporter leur appui

conjoint et multiforme au Réseau des Institutions de Formation Forestière et Environnementale en

## Nouvelles

---

Afrique Centrale (RIFFEAC), à travers l'École de Faune de Garoua. C'est dans le but de renforcer ses capacités de formation d'un personnel qualifié, apte à contribuer significativement à la conservation et à la gestion durable des aires protégées d'Afrique Centrale et de leur biodiversité, qu'un apport en matériel de Camping et de communication approprié aux besoins de terrain a été remis ce mardi 16 février 2021 à l'École de Faune de Garoua, où le Ministre des Forêts et de la Faune du Cameroun (MINFOF) Jules Doret Ndongo, lançait officiellement la saison de chasse 2021.

Ces matériels de communication ont été remis au Directeur de l'École de Faune de Garoua Monsieur Michel Babale, par le Chef du Projet GIZ-BSB Yamoussa 2, Monsieur Hans Jürgen Klein, représentant le Directeur du Programme GIZ de Gestion durable des forêts dans le Bassin du Congo. Ils étaient constitués de smartphones incassables, télescopes, appareils photo numériques, Caméras Trail, jumelles, GOS et Talkies-Walkies provenant du co-financement entre l'Union européenne et

la Coopération technique allemande, à travers le "Programme de bourses de formation RIFFEAC", dans le cadre du « Programme d'appui pour la préservation de la biodiversité et les écosystèmes fragiles d'Afrique Centrale (ECOFAC 6) » du 11e FED. Ce cofinancement prévoit en plus de l'attribution et la gestion des bourses de formation, un renforcement des capacités techniques et matérielles de certaines Institutions membres du RIFFEAC, dont fait partie l'École de Faune de Garoua.

Ce fut l'occasion pour le Chef du Projet GIZ-BSB Yamoussa 2, de réaffirmer l'engagement de la Coopération allemande et de l'Union européenne, pour la préservation de la riche biodiversité d'Afrique centrale et pour le renforcement de la formation forestière dans la sous-région. Il a par ailleurs exhorté le Directeur de l'EFG à faire un bon usage du matériel et des équipements reçus.

Le Directeur de l'École de Faune de Garoua, a remercié l'Union européenne et la Coopération Technique Allemande (GIZ) pour les appuis multiformes qu'ils apportent à cette institution.

## Le document du Plan d'opérations 2021-2025 du Plan de convergence de la COMIFAC validé

*u 1er au 4 mars 2021 à Douala au Cameroun*

Sous le haut patronage de Monsieur Jules Doret NDONGO, Ministre des Forêts et de la Faune de la République du Cameroun et Président en exercice de la Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC) et avec l'appui de la Coopération allemande à travers le projet GIZ « Appui régional à la COMIFAC », il s'est tenu du 1er au 4 mars 2021 à Douala au Cameroun, l'Atelier sous-régional de validation du Plan d'opérations 2021-2025 du Plan de convergence sous-régional et de restitution des premières conclusions de l'évaluation à mi-parcours dudit Plan.

Une quarantaine de participants y ont participé comprenant d'une part en présentiel, les représentants suivants : Cameroun, République Centrafricaine, COMIFAC, OCFSA, facilitation du PFBC, Programme GIZ de Gestion durable des forêts dans

le bassin du Congo, RIOFAC/UE, PPECF/KFW, PNUD, CIFOR, TRAFFIC, CEFDHAC, RIFFEAC, REJEFAC, REFADD et IMCS ; d'autre part en Visio conférence les représentants suivants : Congo, Gabon, Guinée Equatoriale, Tchad et Commission de la CEEAC.

Cet atelier avait pour objectif d'examiner et d'améliorer le contenu du document provisoire du Plan d'opérations 2021-2025 du Plan de convergence de la COMIFAC et des premières conclusions de l'évaluation à mi-parcours dudit Plan.

Bien vouloir télécharger le communiqué : [https://pfbc-cbfp.org/actualites-partenaires/POPC-Comifac.html?file=files/docs/news/3-2021/COMMUNIQUE%20FINAL%20atelier%20validation%20POPC%20mars%202021\\_040321.pdf](https://pfbc-cbfp.org/actualites-partenaires/POPC-Comifac.html?file=files/docs/news/3-2021/COMMUNIQUE%20FINAL%20atelier%20validation%20POPC%20mars%202021_040321.pdf)

*Sources : Partenariat pour les Forêts du Bassin du Congo (PFBC / [www.pfbc-cbfp.org](http://www.pfbc-cbfp.org))*

*Système d'Information Francophone pour le Développement Durable (Méditerranée / [www.mediaterrre.org](http://www.mediaterrre.org))*

---

## Suggestions de Lecture

---

### The agroecological transition of agricultural systems in the Global South

**Authors : François-Xavier Côte, Emmanuelle Poirier-Magona, Sylvain Perret, Philippe Roudier, Bruno Rapidel, Marie-Cécile Thirion**

*Editor : Éditions Quae ; Published : 25 juin 2019 ; Nb of pages : 360*

Food security, jobs, ecological transition of agricultural production models and consumption patterns... Agroecology could be one of the solutions to meet the future challenges of humanity. Part of the United Nation's 17 Sustainable Development Goals, it requires a lasting commitment from all of us. To meet the food and economic needs of growing rural and urban communities, fulfil increasingly demanding consumer requirements, conserve natural resources and adapt to climate change, we have to find new ways of agricultural production.

Over the last decade, CIRAD and AFD have conducted

experiments in agroecological transitions with farmers, researchers, development agents and policymakers in many countries of the Global South. In this book, they reflect on the future of agroecology as a way for agriculture in the developing world to adapt to global changes and they examine the conditions necessary for a successful agroecological transition.

The french version of this book, *La transition agro-écologique des agricultures du Sud*, is available on [www.quae.com](http://www.quae.com) website.

### Living territories to transform the world

**Authors : Patrick Caron, Elodie Valette, Tom Wassenaar, Geo Coppens d'Eeckenbrugge, Vatché Papazian**

*Editor : Éditions Quae ; Published : 3 juillet 2017 ; Nb of pages : 274*

What resources underpin the development of a territory? What does territorial management of resources mean? What specific characteristics and opportunities does territorial organization offer for agricultural production, regulation of sectors, and services? How are territorial public policies conceived and applied? But also, what are the limits of the territorial approach? How does a territorial approach refashion the frameworks of intervention for development? How do we implement and reinvent mechanisms to provide support, build skills, and promote production and good governance? How do we mobilize information systems, apprehend territorial dynamics, and encourage decentralized planning?

Using a wide diversity of case studies, the book explores how actors, scales and scopes of intervention interact in the development of rural spaces in the countries of the Global South, both at the local level and in the global perspective of the objectives of sustainable development.

The book brings together the experiences and views of more than 150 researchers and experts from CIRAD, AFD and their partners. It is aimed at researchers, engineers, professionals in the countries of the Global South, as well as students and the wider public.

The french version of this book, *Des territoires vivants pour transformer le monde*, is available on [www.quae.com](http://www.quae.com) website.

### Changement climatique et agricultures du monde

**Auteur : Emmanuel Torquebiau**

*Editeur : Éditions Quae ; Publié : 16 février 2015 ; Nb de pages : 328*

Depuis quelques années, et à l'approche de la 21e Conférence des parties des Nations unies sur le changement climatique qui se tiendra à Paris fin 2015, le nombre de publications, congrès et autres conférences sur le changement climatique est en croissance exponentielle. Pourtant, il est un domaine où demeurent encore de nombreuses incertitudes. Dans les zones rurales tropicales, les modélisations prévoient de multiples dérèglements mais les tendances ne sont pas claires alors

que le constat de l'impact du changement climatique sur les populations les plus pauvres est souvent alarmiste.

Comment satisfaire la sécurité alimentaire tout en s'adaptant au changement climatique et en l'atténuant ? Quelles sont les principales menaces pesant sur les agricultures du Sud ? Comment les agriculteurs du Sud répondent-ils à ces menaces ? Quelles sont les propositions de la recherche agronomique ? Quelles sont les voies encore inexplorées ?

## Suggestions de Lecture

---

Les recherches en cours nous interpellent. Elles couvrent un immense champ scientifique et montrent que des solutions existent, aussi diverses que de nouvelles pratiques agronomiques, la gestion de l'eau, le recyclage des résidus agricoles, le diagnostic des maladies émergentes ou les paiements pour services écosystémiques. Notre compréhension des mécanismes financiers et politiques qui sous-tendent les négociations climatiques internationales est indispensable pour penser avec les agriculteurs des options concrètes de réponse

aux enjeux du climat tout en répondant aux exigences du développement durable.

Ce livre, dense, précis mais facile à lire, regroupe les expériences de plusieurs dizaines de chercheurs et agents de développement de toutes disciplines. Il est destiné aux chercheurs, aux étudiants et au grand public averti.

Ce livre est également disponible en anglais sous le titre *Climate Change and Agriculture Worldwide* auprès des éditions Springer - [www.springer.com](http://www.springer.com)

### L'immunité des plantes

**Auteurs : Christian Lannou, Dominique Roby, Virginie Ravigné, Mourad Hannachi, Benoît Moury**

*Editeur : QUAE; Date de parution : 7 janvier 2021 ; Nb. de pages : 392 pages*

Les plantes disposent d'une immunité naturelle qui leur permet de résister aux maladies et aux agressions parasitaires dans leur environnement. L'invention puis le développement de l'agriculture ont cependant créé des milieux très favorables à l'émergence de nouvelles maladies et au développement des épidémies. Cette vulnérabilité sanitaire s'est ensuite accentuée avec l'intensification agricole, à partir des années 1950, de sorte que le recours généralisé aux pesticides de synthèse est devenu un pilier essentiel de la production. Ce modèle est désormais remis en cause et le développement d'une protection agroécologique des cultures devient une nécessité.

Comprendre comment fonctionne l'immunité des plantes et déchiffrer leur arsenal de défense face aux agressions

parasitaires est essentiel pour produire des variétés résistantes et réduire la dépendance de l'agriculture à la protection chimique. Mais il faut compter avec la formidable capacité d'adaptation des populations pathogènes, qui conduit les chercheurs à imaginer des stratégies complexes pour maintenir efficace la résistance des variétés cultivées. Les gènes qui confèrent la résistance aux plantes commencent à être perçus comme un bien commun à préserver absolument.

Cet ouvrage explicite les concepts fondamentaux et s'appuie sur des études de cas pour réaliser une synthèse très complète des travaux en biologie, en modélisation et en sciences sociales sur ce qu'est l'immunité végétale et sur la manière dont elle pourrait concourir à une agriculture respectueuse de l'environnement.

### Pesticides - Des impacts aux changements de pratiques

**Auteurs : Edwige Charbonnier, Aïcha Ronceux, Anne-Sophie Carpentier, Hélène Soubelet, Enrique Barriuso**

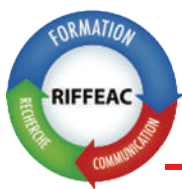
*Editeur : Quae ; Parution : 26/5/2015 ; Nb de pages : 400*

Les pesticides font aujourd'hui l'objet d'enjeux environnementaux considérables. Dès 1999, le ministère chargé de l'Écologie a mis en place le programme de recherche « Évaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides ». Dans ce cadre, 57 projets de recherche ont été lancés afin d'accroître la connaissance des risques et d'aider les acteurs du domaine à mettre en œuvre des actions pour les réduire.

Cet ouvrage présente les avancées majeures de ce programme à travers quatre thématiques principales : transferts de pesticides et réduction de la contamination de l'environnement ; effets des pesticides et réduction des impacts sur les organismes et les écosystèmes ; pratiques agronomiques innovantes pour réduire l'utilisation des

pesticides ; accompagnement des acteurs pour réduire les risques liés aux pesticides.

Les décideurs, porteurs de politiques publiques, professionnels du monde agricole ou encore gestionnaires de l'environnement y trouveront des éléments pour estimer les risques liés à l'utilisation de ces produits et agir en faveur de pratiques agricoles plus économes en pesticides. Les enseignants mais aussi les étudiants accéderont à une synthèse des connaissances, étoffée de nombreuses références bibliographiques. Enfin, l'ouvrage identifie certaines lacunes scientifiques de la problématique et ouvre la réflexion sur de futures pistes de recherche.



## DIRECTIVES AUX AUTEURS

### Généralités

Le Réseau des Institutions de Formation Forestière et Environnementale de l'Afrique Centrale (RIFFEAC) a lancé la *Revue Scientifique et Technique «Forêt et Environnement du Bassin du Congo»* afin de contrer le manque d'outil de communication sur le développement forestier durable du Bassin du Congo.

Le but premier de cette revue semestrielle est de donner un outil de communication unique et rassembleur des intervenants du secteur forestier du grand Bassin du Congo. Elle permet tant aux chercheurs qu'aux professionnels du monde forestier de présenter les résultats de leurs travaux et expertises dans tous les aspects et phénomènes que recèle la forêt et les enjeux de son utilisation. Elle se veut aussi un organe de diffusion de l'information sur les avancées scientifiques et techniques, le développement des connaissances, et les grandes activités de recherche réalisées dans le Bassin du Congo. Par ailleurs, elle consacre un espace pour annoncer et rapporter les grands événements et les actions remarquables touchant toutes les forêts tropicales du monde. Les éditoriaux seront l'occasion d'énoncer des principes de mise en valeur des ressources. De façon générale, la revue permet de mettre en relation les divers niveaux d'intervention pour :

- Diffuser les nouvelles connaissances scientifiques et techniques acquises dans le bassin du Congo.
- Dynamiser la recherche et le développement dans la sous-région.
- Faire connaître les projets de développement et de recherche en cours dans les diverses régions forestières du Bassin du Congo;
- Favoriser le transfert d'information entre les divers chercheurs et intervenants;
- Faire connaître les expertises développées dans la sous-région;
- Informer sur les avancées scientifiques et techniques dans le domaine forestier tropical au niveau global.

### Types d'articles

*Pour faciliter la révision et relecture de votre projet d'article, bien vouloir dans un premier temps nous communiquer 3 noms et contacts des experts internationalement reconnus dans votre domaine de recherche, et ensuite préciser au début du document, le numéro d'ordre et l'intitulé du thème auquel appartient votre article parmi les 20 thèmes suivants :*

- (1) Agroforesterie;
- (2) Agro-écologie;
- (3) Aménagement forestier;
- (4) Biologie de la conservation;
- (5) Biotechnologie forestière;
- (6) Changement climatique;
- (7) Droit forestier;
- (8) Écologie forestière;
- (9) Économie forestière;
- (10) Économie environnementale;
- (11) Foresterie communautaire et autochtone;
- (12) Génétique et génomique forestières;
- (13) Hydrologie forestière;
- (14) Pathologie et entomologie forestières;
- (15) Pédologie et fertilité des sols tropicaux;
- (16) Modélisation des phénomènes environnementaux;
- (17) Science et technologie du bois;
- (18) Sylviculture;
- (19) Faune et Aires protégées;
- (20) Pisciculture et pêche.

### Éditorial

Des articles d'intérêt général à saveur éditoriale qui décrivent une position face à un enjeu précis de la sous-région ou qui présentent un point de vue dans des domaines connexes. Les textes doivent être succincts. Les praticiens, étudiants, chercheurs et professeurs de la sous-région du Bassin du Congo seront priorités dans le choix de l'éditorial de chaque numéro. Maximum 500 mots par texte.

### Articles scientifiques (estampillés Article Scientifique)

Des articles scientifiques révisés par les pairs en lien avec les domaines de recherche couverts par la revue ou des résumés détaillés de thèse de doctorat ou de maîtrise. Il peut s'agir de l'état des résultats de recherches ou d'une revue de la littérature analytique sur un sujet scientifique ou technique. Les articles scientifiques sont originaux et n'ont pas été publiés précédemment.



## Directives aux Auteurs

---

*Notes techniques et Rapports d'Étape (estampillés respectivement : Note Technique et Rapport d'Étape) (Ne sont pas considérés comme des articles scientifiques (Ne sont pas considérés comme des articles scientifiques, innovations techniques ou technologique)*

Des notes techniques sont de courts textes qui font état des résultats de recherche synthétisés et vulgarisés ou encore une synthèse de revue de littérature voire un transfert de technologies ou de connaissances/compétences. Ces manuscrits sont révisés par les pairs et ne constituent pas une publication préliminaire ou un rapport d'étape.

### Explications portant sur les publications antérieures

Les articles publiés dans la Revue Scientifique et Technique «*Forêt et Environnement du Bassin du Congo*» ne peuvent plus faire objet de toute autre publication.

La *Revue Scientifique et Technique du Bassin du Congo* considère qu'un article ne peut être publié si tout ou la majeure partie de l'article :

- a déjà été publié dans une autre revue ;
- est à l'étude dans le but d'être publié ou est publié dans une revue ou sous forme d'un chapitre d'un livre;
- est à l'étude dans le but d'être reproduit dans une publication et publié suite à une conférence;
- a été affiché sur Internet et accessible à tous.

L'édition de la Revue scientifique et technique demande de ne pas lui soumettre un tel texte sous peine d'en voir l'auteur ou les auteurs disqualifiés pour leurs publications futures.

### Dépôt de manuscrits scientifiques et techniques

Une présentation doit accompagner la version **MICROSOFT WORD** du texte avec les informations suivantes sur l'article et sur les auteurs :

- Le texte constitue un travail original et n'est pas à l'étude pour publication, en totalité ou en partie, dans une autre revue ;
- Tous les auteurs ont lu et approuvé le texte;
- Les noms, adresses, numéros de téléphones et de télécopieurs ainsi que les adresses électroniques des auteurs;
- l'engagement sur l'honneur des auteurs, stipulant que le texte n'a pas été entièrement ou partiellement objet d'une publication sous quelque forme que ce soit et ne le sera pas s'il est publié dans la Revue.

### Structure de l'article

Les sections suivantes devraient être présentées dans le manuscrit, dans cet ordre :

- Résumé (avec mots clés)
- Abstract (with keywords)
- 1. Introduction
- 2. Matériel et Méthodes (Material and Methods)
- 3. Résultats (Results)
- 4. Discussion
- 5. Conclusion
- Remerciements (facultatif)
- Bibliographie (References)

### Subdivisions

Le manuscrit doit être divisé en sections clairement définies et numérotées (ex. : 1.1 (puis 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc.). Le résumé n'est pas inclus dans la numérotation des sections. Utilisez cette numérotation pour les renvois interne dans le manuscrit.

**IMPORTANT** : Après soumission, acceptation et traitement, une Épreuve (PROOF) de votre projet vous sera alors soumise pour les dernières corrections et fautes éventuelles avant la mise sous presse du journal dans lequel votre article paraîtra. Vous disposerez de 5 (cinq) jours pour nous renvoyer l'Épreuve (PROOF) corrigée. Votre projet de publication ne doit pas dépasser 15 pages sous **MICROSOFT WORD** interligne 1,5 et police Times New Roman, taille 12 pts.

Voici le contenu attendu pour chacune des sections ci-haut mentionnées :

### Résumé

Le résumé est une section autonome qui décrit la problématique et rapporte sommairement l'essentiel de la méthodologie et des résultats de la recherche. Il doit mettre l'accent sur les résultats et les conclusions et indiquer brièvement la portée de l'étude (avancées des connaissances, applications potentielles, etc.). Le résumé est une section hautement importante du manuscrit puisque c'est à cet endroit que le lecteur décidera s'il lira le reste de l'article ou pas. Les abréviations doivent être évitées dans cette section. À la relecture finale, l'auteur doit pouvoir répondre à ces interrogations :

- Est-ce que le résumé est efficient?
- Est-ce qu'il présente seulement des éléments qui ont été abordés dans le texte?
- Est-ce que la portée de l'étude est bien précisée.

## Directives aux Auteurs

---

### *Introduction*

L'introduction devrait résumer les recherches pertinentes pour fournir un contexte et expliquer, s'il y a lieu, si les résultats de ces recherches sont contestés. Les auteurs doivent fournir une revue concise de la problématique, tout en évitant de produire une revue trop détaillée de la littérature ou un résumé exhaustif des résultats des recherches citées. Les objectifs du travail y sont énoncés, suivis des hypothèses et de la conception expérimentale générale ou une méthode.

À la relecture finale, l'auteur doit pouvoir répondre à ces interrogations :

- Est-ce que l'introduction relie le manuscrit à la problématique traitée ?
- Est-ce que l'objectif est clairement expliqué ?
- Est-ce que le propos véhiculé se limite à l'objectif et à la portée de l'étude ?

### *Matériel et Méthodes (Material and Methods)*

L'auteur précise ici comment les données ont été recueillies et comment les analyses ont été conduites (analyses de laboratoire, tests statistiques, types d'analyses statistiques). La méthode doit être concise et fournir suffisamment des détails pour permettre de reproduire la recherche. Les méthodes déjà publiées doivent être indiquées par une référence (dans ce cas, seules des modifications pertinentes devraient être décrites).

À la relecture finale, l'auteur doit pouvoir répondre à ces interrogations :

- Est-ce que la méthode décrite est appropriée pour répondre à la question posée? Est-ce que l'échantillonnage est approprié?
- Est-ce que l'équipement et le matériel ont été suffisamment décrits? Est-ce que l'article décrit clairement le type de données enregistrées et le type de mesure?
- Y a-t-il suffisamment d'information pour permettre de reproduire la recherche?
- Est-ce que le détail de la méthode permet de comprendre la conception de l'étude et de juger de la validité des résultats?

### *Résultats*

Les résultats doivent être clairs et concis et mettre en évidence certains résultats rapportés dans les tableaux. Il faut éviter les redites de données dans

le texte, les figures et les tableaux. Le texte doit plutôt servir à guider le lecteur vers les faits saillants qui ressortent des résultats. Ces derniers doivent être clairement établis et dans un ordre logique. L'interprétation des résultats ne devraient pas être incluse dans cette section (propos rapportés dans la discussion). Aussi, il peut être avantageux à l'occasion de présenter certains résultats en annexe, pour présenter certains résultats complémentaires.

À la relecture finale, l'auteur doit pouvoir répondre à ces interrogations :

- Est-ce que les analyses appropriées ont été effectuées?
- Est-ce que les analyses statistiques ont été correctement réalisées? Est-ce que les résultats sont rapportés correctement?
- Les résultats répondent-ils aux questions et aux hypothèses posées ?

### *Discussion*

Cette section explore la signification des résultats des travaux, sans toutefois les répéter. Chaque paragraphe devrait débiter par l'idée principale de ce dernier. Il faut éviter ici de citer outrageusement la littérature publiée et/ou d'ouvrir des discussions trop approfondies. Les auteurs doivent identifier les lacunes de la méthode, s'il y a lieu.

À la relecture finale, l'auteur doit pouvoir répondre à ces interrogations :

- Les éléments apportés dans cette section sont-ils appuyés par les résultats de l'étude et semblent-ils raisonnables?
- Est-ce que la discussion explique clairement comment les résultats se rapportent aux hypothèses de recherche de l'étude et aux recherches antérieures? Est-ce qu'ils supportent les hypothèses ou contredisent les théories précédentes?
- Est-ce qu'il y a des lacunes dans la méthodologie? Si oui, a-t-on suggéré une solution ?
- Est-ce que l'ensemble de la discussion est pertinente et cohérente?
- La spéculation est-elle limitée à ce qui est raisonnable?

### *Conclusion*

Les principales conclusions de l'étude peuvent être présentées dans une courte section nommée « Conclusion ».

## Directives aux Auteurs

---

À la relecture finale, l'auteur doit pouvoir répondre à ces interrogations :

- La recherche répond-elle à la problématique et aux objectifs du projet?
- Est-ce que la conclusion explique comment la recherche contribue à l'avancement des connaissances scientifiques ?
- Y a-t-il une ouverture pour les applications, les nouvelles recherches ou des recommandations pour l'application? (*si applicable*)

### Remerciements

Les auteurs remercient ici les organismes subventionnaires et les personnes qui ont apporté leur aide lors de la recherche (par exemple, fournir une aide linguistique, aide à la rédaction ou à la relecture de l'article, etc.).

### Bibliographie

La liste bibliographique de l'ensemble des ouvrages cités dans le texte, doit être présentée en ordre alphabétique en commençant par le nom de l'auteur, la date de publication, le titre de l'article, le titre du support de publication ou du journal, le numéro de la parution, et La pagination.

Robitaille, L. (1977). Recherches sur les feuillus nordiques à la station forestière du Duchesnay. *For. Chron.*57, 201-203.

Pour plusieurs auteurs, ils doivent être cités de la façon suivante :

Keller, T. E., Cusick, G. R. and Courtney, M. E. (2007). Approaching the transition to adulthood: Distinctive profiles of adolescents aging out of the child welfare system. *Social Services Review*, 81, 453-484.

Dans le corps du texte, on met : (Robitaille, 1977).

Quelques exceptions s'appliquent :

- Deux ou plusieurs articles rédigés par le ou les mêmes auteurs sont présentés par ordre chronologique; deux ou plusieurs articles rédigés la même année sont identifiés par les lettres a, b, c, etc.;
- Tous les travaux publiés cités dans le texte doivent être identifiés dans la bibliographie;
- Toutes les bibliographies citées doivent être notées dans le texte;
- Le matériel non disponible en bibliothèque ou non publié (p. ex. communication personnelle, données

privilegiées) doivent être cités dans le texte entre parenthèses;

- Les références à des livres doivent inclure, dans cet ordre, le ou les auteurs, l'année, titre, maison d'édition, ville, nombre de pages (p.);
- Les références à des chapitres tirés de livres doivent inclure, dans cet ordre, le ou les auteurs, le titre du chapitre, in éditeur(s), titre du livre, pages (pp.), maison d'édition et ville;
- Les articles, les actes de colloques, etc., suivent un format similaire de référence au chapitre d'un livre;

Quelques points spécifiques à surveiller :

- Utilisez le caractère numérique 1 (et non le « l » minuscule) pour imprimer le chiffre un;
- Utilisez le caractère numérique 0 (et non le « O » majuscule) pour le zéro;
- N'insérez pas de double espace après un point;
- Identifiez tous les caractères spéciaux utilisés dans le document.
- Utilisez les caractères arabes pour la numérotation des tableaux, figures, histogrammes, photos, cartes, etc. Ex. figure 11, tableau 7.

### Les illustrations

La qualité des images imprimées dans la revue dépend de la qualité des images reçues. Nous acceptons les formats .TIF, .JPG, JPEG, BITMAP.

Les photographies doivent être de haute résolution, au moins 300 dpi. Toutes les copies des illustrations doivent être identifiées au moyen du nom de l'auteur principal et du numéro de l'illustration.

### Les résumés

Il est obligatoire de remettre un résumé pour tous les articles et notes. Les résumés sont répertoriés et catalogués par plusieurs agences et permettent une plus grande visibilité de l'article et des auteurs. Les mots clés, jusqu'à un maximum de 12 mots ou expressions, doivent être produits pour tous les articles et jouent un rôle déterminant dans les recherches par mots clés.

Les résumés donnent en abrégé le contenu de l'article en utilisant entre 150 et 300 mots.

### Divers

La *Revue scientifique et technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo* est toujours à la

## Directives aux Auteurs

---

recherche de photographies en couleur rattachées à ses domaines connexes d'intérêt pour utilisation potentielle sur sa page couverture des prochains numéros.

### Processus de soumission

Les correspondances éditoriales et d'informations d'intérêt général, de même que les manuscrits doivent être acheminées à :

- **M. Kachaka Kaiko Sudi Claude**
- **Rédacteur en chef et Coordonnateur Régional du RIFFEAC**
- **Adresse e-mail : [redaction@riffec.org](mailto:redaction@riffec.org)**

Le numéro de téléphone et l'adresse électronique de l'auteur principal doivent être indiqués sur toutes les correspondances effectuées avec le RIFFEAC.

### Permission de reproduire

Dans tous les cas où le manuscrit comprend du matériel (par ex., des tableaux, des figures, des graphiques) qui sont protégés par un copyright, l'auteur est dans l'obligation d'obtenir la permission du détenteur du copyright pour reproduire le matériel sous forme papier et électronique. Ces accords doivent accompagner le manuscrit proposé.

### Droit d'auteur

La propriété intellectuelle et les droits d'auteurs sur le contenu original de tous les articles demeurent la propriété de leurs auteurs.

Ceux-ci cèdent, en contrepartie de la publication dans la revue, une licence exclusive de première publication donnant droit à la revue de produire et diffuser, en toutes langues, pour tous pays, regroupé à d'autres articles ou individuellement et sur tous médias connus ou à venir (dont, mais sans s'y limiter, l'impression ou la photocopie sur support physique avec ou sans reliure, reproduction analogique ou numérique sur bande magnétique, microfiche, disque optique, hébergement sur unités de stockage d'ordinateurs liés ou non à un réseau dont Internet, référence et indexation dans des banques de données, dans des moteurs de recherche, catalogues électroniques et sites Web).

Les auteurs gardent les droits d'utilisation dans leurs travaux ultérieurs, de production et diffusion à l'intérieur de leurs équipes de travail, dans les bibliothèques, centres de documentation et sites Web

de leur institution ou organisation ; ainsi que pour des conférences incluant la distribution de notes, d'extraits ou de versions complètes. La référence de première publication doit être donnée et préciser le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, mention de la revue, la date et le lieu de publication.

Toute autre reproduction complète ou partielle doit être préalablement autorisée par la revue, autorisation qui ne sera pas indûment refusée. Référence doit être donnée quant au titre de l'article, le ou les auteurs, la revue, la date et le lieu de publication. La revue se réserve le droit d'imposer des droits de reproduction.

### Avant de soumettre – « Check list »

La liste ci-dessous permet de valider si l'ensemble des éléments des Directives aux auteurs ont été prises en compte avant la soumission du manuscrit à la rédaction. Il s'agit d'une liste sommaire, veuillez-vous référer aux Directives aux auteurs pour tous les détails.

Veuillez-vous assurer que l'ensemble des éléments ci-dessous sont présents dans le manuscrit :

Pour l'auteur principal désigné comme personne contact :

- Adresse électronique (email) de l'auteur;
- Adresse postale complète de l'auteur;
- Numéro de téléphone.

Tous les fichiers ont été soumis électroniquement et contiennent :

- Les mots-clés;
- Les figures;
- Les tableaux (incluant les titres, la description et les notes de bas de page).

Autres considérations

- Les sections sont correctement numérotées;
- La grammaire et l'orthographe des manuscrits ont été validées;
- Le format et l'ordre de présentation des références sont conformes aux Directives aux auteurs;
- Toutes les références mentionnées dans le texte sont listées dans la section « Bibliographie » et vice-versa;
- Le copyright a été obtenu pour l'utilisation de matériel sous le copyright en provenance d'autres sources (incluant le web).



Revue Scientifique et Technique

# Forêt & Environnement

Bassin du Congo

## AUTHORS GUIDELINES

### General matters

The Network of Environmental and Forestry Training Institutions of Central Africa (RIFFEAC), Technical Partner of the Central Africa Forests Commission (COMIFAC), has launched a scientific and technical magazine called “*Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*”, aiming at curbing the lack of communication tools on the sustainable forest development of the Congo Basin.

The first goal of this half-yearly magazine is to give a unique and gathering tool of communication as far as actors in the forest sector of the Grand Congo Basin are concerned. It gives opportunity to researchers and professionals of the forest sector to present the results of their works and expertise in all the aspects and phenomena which lie hidden in the forest along with the stakes of its use. This magazine also stands as a unique broadcasting tool of news concerning constant technical and scientific improvements, knowledge development, and significant activities realized in the Congo Basin. Furthermore, it gives room for announcing and broadcasting big events and remarkable action in link with the world tropical forests. Editorials will give the opportunity to state the principles of valorizing resources. Generally speaking, the magazine allows one to put in relationship several levels of intervention in order to:

- Broadcast new scientific and technical knowledge acquired in the Congo Basin,
- Boost Research and Development in the sub-region,
- Disseminate Research and Development Projects going on in diverse forestry regions of the Congo Basin,
- Promote transfer of knowledge between various researchers and dealers,
- Disseminate improved expertise in the sub-region,
- Inform people on the improvement of scientific and technical matters in the tropical forest topics at the global level.

### Type of papers

*To facilitate the proof-reading of your submitted paper, would you please first of all give us 3 names with their*

*qualifications, institutions and e-mail of well known experts capable to analyze and appreciate your paper; then write at the beginning of your submitted paper the figure and the title corresponding to the research purpose between the 20 themes below:*

- (1) Agroforestry;
- (2) Agro-Ecology;
- (3) Forest management;
- (4) Biology conservation;
- (5) Forest Biotechnology;
- (6) Climate Change;
- (7) Forest law;
- (8) Forest Ecology;
- (9) Forest Economy;
- (10) Environmental Economy;
- (11) Communal and Autochthonous forestry;
- (12) Forestry Genetics and Genomics;
- (13) Forest Hydrology;
- (14) Forestry Pathology and Entomology;
- (15) Pedology and Fertility of tropical soils;
- (16) Sampling of environmental phenomena;
- (17) Science and Wood Technology;
- (18) Sylviculture ;
- (19) Fauna and protected areas;
- (20) Fish-breeding and Fishery.

### Editorial

Papers of general interest matching with the editorial contents describing precise stake of the sub-region or presenting a point of view in allied areas are welcome. The document should be short. Actors, students, researchers and teachers of the sub-region of the Congo Basin will have priority in the choice of the editorial of each issue. Your paper should not exceed 500 words.

### Scientific papers (stamped as scientific papers)

Scientific papers examined by experts of the field of research covered by the magazine or detailed abstracts of PhD thesis or Master degree are welcome. The topic can deal with state of research or a analytical literature survey results on a scientific or technical subject. Scientific papers should be original and never published elsewhere before.

*Technical Notes and Stage Reports (stamped respectively as Technical Notes and Stage Reports) (are not considered as scientific papers, technic or technology innovation).*

Technical notes are shorts texts which show synthesized and vulgarized research results or a synthesis of

## Authors Guidelines

---

literature survey, transfer of technologies, knowledge and know how. These manuscripts are examined by experts of the field of the concerned research and are not considered as scientific paper or stage report.

### *Explanations concerning previous papers*

The scientific and technical magazine called “Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo” reserves the copyright of any paper published. Papers published in that magazine could not be published elsewhere.

The scientific and technical magazine called “Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo” considers that a paper cannot be published if all or part of the contain :

- Is under expertise for publication or is published in another magazine or as a chapter of a book;
- Is under expertise in view to be publish after being presented at a scientific conference;
- As been displayed on internet and accessible to everyone.

The scientific and technical magazine advises the authors not to submit such a paper for publication, preventing the author or authors to be disqualified for next submitted papers.

### **Deposit of scientific and technical manuscripts**

A letter of presentation should go along with the MICROSOFT WORD version of your manuscript with the following inquiries on the paper and the authors :

- The manuscript constitutes an original work which is not under expertise for publication, totally or partially in another magazine;
- All the authors have read and certified the manuscript;
- Names, addresses, telephone numbers, telecopy and e-mail of authors are available;
- Strong commitment of the authors, stipulating that the manuscript has not been totally or partially proposed for publication under any shape whatsoever and will never be so if published in our magazine.

### **Body building of the paper**

The paper should be presented as follows:

- Abstract (with keywords)
- Résumé (avec mots clés)
- 1. Introduction

- 2. Material and Methods
- 3. Results
- 4. Discussion
- 5. Conclusion
- Acknowledgement (optional)
- Abbreviations and acronyms (optional)
- References

### *Subdivisions*

The paper submitted should be divided into sections clearly defined and numbered (ex. : 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc.). Abstract is not included in the numbering of the sections.

**IMPORTANT :** The submitted document should display the numbering of all the lines to enable appraisers to allow you to report on the lines where they have observations to make. These numbers will be later on cancelled by us during the edition of the magazine if your paper as been accepted for publishing. A PROOF will therefore be sent to you for last corrections before printing. The PROOF should be sent back to us 5 (five) days after reception and inclusion of your last corrections. Your paper should not exceed 15 pages under MICROSOFT WORD spacing 1.5, Times New Roman, height 12 pts.

This is what is expected in any section mentioned above:

### *Abstract*

Abstract is an autonomous section which describes the problematical and comments lightly the key elements of the methodology and the research results. It should put emphasis on results and conclusion and briefly indicates the far reaching effect of the work done (improvement of knowledge, potential applications, etc.). Abstract is a very important section of the paper because it is there that the reader makes his decision to continue reading or to quit. Shortenings are prohibited in this important section.

At the last reading of the document, the author should be able to give answers to the following questions:

- Is the abstract efficient?
- Is it built only with items included in the document?
- Is the far reaching effect of the study well indicated?

### *1. Introduction*

Introduction should summarize pertinent researches in order to give room to a context and explain if necessary if the research results of this work are

## Authors Guidelines

---

contested. Author should provide a concise literature survey of the problematical, while avoiding to deliver too much detailed literature survey or an exhaustive summary of research results quoted. The objectives of the research work are quoted, followed by hypothesis and general experimental design or method used.

At the final reading of the submitted manuscript, the author should be able to answer the following questions:

- Does introduction link the contents to the problematical treated?
- Is the objective clearly explained?
- Are the scientific arguments used limited to the objective and the study undertaken?

### 2. Material and Methods

The author specifies here how the data have been collected and how the analysis have been conducted (laboratory analysis, statistics tests and types of statistics analysis). The method used should be accurate and able to give sufficient details for that research to be repeated. Method already published should be indicated by references (in this case, only pertinent modifications should be described).

At the final reading of the submitted manuscript, the author should be able to answer the following questions:

- Does the method described suitable to give answer to the question raised?
- Does the sampling suitable?
- Are equipments and material sufficiently described? Does the paper describing clearly the type of data registered and the type of measurement?
- Are there enough inquiries to repeat this research?
- Does the detail of the method clear enough to permit to master the design of the research and to state on the validity of the results?

### 3. Results

Results should be clear and accurate making evident certain results brought out in the tables. Avoid duplication of data in the document, figures and tables. The contents should guide the reader towards focal facts which bring light on the results. These should be clearly established in a logical order. Interpretation of the results should not have room in this section (this is kept for the section entitled : discussion).

At the final reading of the submitted manuscript, the author should be able to answer the following questions:

- Does the analysis correctly done ?

- Does the statistical analysis well done ? Do the results correctly reported?
- Do the results matching with the questions and hypothesis made?

### 4. Discussion

This section deals with the meaning of the results of the work done, without repeating them. Each paragraph should start with its the main idea. Avoid quoting strongly the published literature or making too deep discussions. The author should show the weakness of the method proposed if necessary.

At the final reading of the submitted manuscript, the author should be able to answer the following questions:

- Are Elements brought in this section consolidated by the results of the study and are they reasonable?
- Does the discussion explain clearly how the results are linked to the research hypothesis and to previous researches ?
- Does the discussion consolidate hypothesis or contradict previous theories?
- Are they some weakness in the methodology? If yes, what has been suggested to solve the problem?
- Does the whole discussion pertinent and coherent?
- Does the speculation limited to what is reasonable?

### 5. Conclusion

Main conclusions of the study can be presented in a short section named « Conclusion ».

At the final reading of the submitted manuscript, the author should be able to answer the following questions:

- Does the work suitable with the problematical and the objectives of the project?
- Does the conclusion explain how the research contributes to the improvement of scientific knowledge?
- Is it an opportunity for applications, new research or recommendations for application?

### Acknowledgement

The authors acknowledge here institutions which brought financial support and people who helped them during research (for example, giving a logistical help, helping to write the manuscript or help to read the submitted paper, etc.).

### References

References are the whole documents quoted in the text, and displayed in alphabetical order according to

## Authors Guidelines

---

the bibliographic norms of styles citations from APA (American Psychological Association) 2010, 6<sup>th</sup> edition.

The References list follows the alphabetical order and gives the name of the author and the date as follows:

Robitaille L., (1977). Recherches sur les feuillus nordiques à la station forestière du Duchesnay. *For. Chron.*57 : 201-203.

For several authors, they must be quoted as follows:

Keller, T. E., Cusick, G. R., and Courtney, M. E. (2007). Approaching the transition to adulthood: Distinctive profiles of adolescents aging out of the child welfare system. *Social Services Review*, 81, 453-484.

In the manuscript one writes: (Robitaille, 1977).

Some few exceptions are applied:

- Papers written by only one authors came before papers written by many authors for which the researcher is considered as the first author.
- Two or many papers written by one or the same authors are presented in chronological order; two or many papers written in the same year are identified by letters a, b, c, etc.;
- All the works published and quoted in the manuscript should be identified in the references;
- All the references listed should be quoted in the manuscript;
- Material which is not available in the library or not published (for ex. Personal communication, privileged data) should be quoted in the manuscript in bracket;
- References of the books should include, in this order, the author or the authors, the year, editing house, town, number of the pages (p.);
- References to chapters drawn from books should include, in this order, the author or the authors, the title of the chapter, editors, title of the book, pages (pp.), editing house and town.
- Papers, proceedings, etc., follow a similar format of reference of a chapter of a book.

*Some specific points to be checked:*

- Use numerical character 1 (but not small « l ») for printing the number one ;
- Use numerical character 0 (but not capital « O ») for zero;
- Don't insert a double space after a dot;
- Identify all the special characters used in the document;
- Use Arabic characters for the numbering of tables,

figures, histograms, photos, maps, etc... Ex. figure 11, table 7.

### Illustrations

The high quality of images printed in the magazine lies on the quality of the images sent by the authors. We do accept TIF, .JPG, JPEG, BITMAP formats. Photographs should be at high resolution at least 300 dpi. All the copies for illustration should be identified by the means of the name of the first author and with the number of the illustration.

### The summaries

It is obligatory to add an abstract for all the papers and notes. Abstract are gathered, catalogued by many agencies and therefore give more visibility to the paper and the authors. Keywords, up to a maximum of 12 words or expressions, should be given for all the papers and play an important role in the research of keywords. The abstract summarizes the contents of the paper by using 150 to 300 words.

### Miscellaneous

The magazine « Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo » is always looking for colored photographs linked to the research areas covered for their potential use on the cover of the coming issues.

### Submission Procedure

Editorials and general interest news as well as manuscripts should sent to:

**Mr Kachaka Kaiko Sudi Claude**

**Chief Editor and Regional Coordinator of RIFFEAC**

**e-mail : [redaction@riffec.org](mailto:redaction@riffec.org)**

The telephone number and the email of the first author should be clearly indicated on all the correspondences sent to RIFFEAC.

### Agreement to reproduce

At any case where the manuscript uses material (for ex., tables, figures, graphics) protected by a copyright, the author is obliged to obtain an agreement from the owner of the copyright before reproducing the material on paper print or electronic support. These agreements should be attached to the submitted manuscript.

### Transfer of copyrights

The intellectual property and the copyrights on



## Authors Guidelines

---

the original content of all the publication remain their author's own. They give way, in exchange for publication in the journal, an exclusive license to first publication to produce and disseminate, in any language, for any country, together with other articles or individually and on all media known or future (including, without limitation, printing or photocopying on physical media with or without binding, analog or digital reproduction on magnetic tape, microfilm, optical disk, accommodation on storage units linked computers or not to a network including the Internet, reference and indexing databases in search engines, electronic catalogs and websites).

The authors retain the rights to use in their future work, production and dissemination within their work teams, in libraries, documentation centers and websites of their institution or organization; as well as for conferences including the distribution of notes, extracts or full versions. The first publication reference must be given and specify the title of the article, the name of all authors, mention of the journal, date and place of publication.

Any full or partial reproduction must be authorized by the review, authorization will not be unreasonably withheld. Reference should be given as to the title of the article, the author or authors, journal, date and place of publication. The journal reserves the right to impose copyright.

### **Before submission – « Check list »**

The list below allows one to be certain that the set of elements of the authors Guidelines has been taken into consideration, before submitting the manuscript. This list is indicative; please do refer to the authors guidelines for more details.

Be sure that the set of the following elements are present in the manuscript:

For the first author designated has contact person:

- E-mail of the author;
- Detailed postal address of the author
- His telephone number

All the files have been submitted under electronic support and contain:

- Keywords
- Figures
- Tables (including titles, descriptions etc.).

### **Other considerations**

- Sections are correctly numbered
- Grammar and spelling of manuscript have been validated.
- The format and the presentation of the references follow the authors guidelines;
- All the references mentioned in the manuscript are listed in the section "references" and vice-versa;
- The copyright has been obtained for use of material belonging to other research works including those from the web sites.



Revue Scientifique et Technique

# Forêt & Environnement

Bassin du Congo

## SUBSCRIBE TO THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL REVIEW FOREST AND ENVIRONMENT OF THE CONGO BASIN AND ENJOY THE FOLLOWING ADVANTAGES

- Reception of the magazine in preview in my inbox
- Reception of physical copy through post office
- Cancelling of the subscription at any time

---

### SUBSCRIPTION SHEET

(To be completed in capital letters and return to the Network of Forestry and Environmental Training Institutions of Central Africa - RIFFEAC ) P. O. Box : 2035 Yaounde - Cameroon / e- mail: [secretariat@riffecac.org](mailto:secretariat@riffecac.org)  
Phone : + (237) 222 208 065 / 679 507 544 Subscription sheet available on [www.riffecac.org](http://www.riffecac.org)

#### MY CONTACT INFORMATION

Civility  Mr /  Mme

Name : \_\_\_\_\_

Surnames : \_\_\_\_\_

Adresses : \_\_\_\_\_

Postal Code : \_\_\_\_\_ Country : \_\_\_\_\_ Town : \_\_\_\_\_

Phone number : \_\_\_\_\_ e-mail : \_\_\_\_\_

I wish to subscribe to the Scientific and Technical Review Forest and Environment of the Congo basin for :

1 Year (2 editions)

2 Year (4 editions)

Date

Signature

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





**2<sup>èmes</sup> Journées  
d'Etudes en Sciences  
et Technologies du  
Bois**

**Libreville-Gabon  
3-5 Novembre 2021**



ENSET-Libreville  
BP : 3989 - LaReVa Bois

**Appel à  
Candidatures :  
Résumés Attendus  
du 28 Mai au 15  
Septembre 2021**

**Etat de l'Art,  
Potentiel  
Industriel et  
Valorisation de la  
Biomasse du  
Bassin du Congo**



### Contacts

Secrétariat communication des  
2JESTB :

[info@larevabois-bois.com](mailto:info@larevabois-bois.com)  
[r.safou-tchiamia@lareva-bois.com](mailto:r.safou-tchiamia@lareva-bois.com)  
[a.biko-bi-atomo@lareva-bois.com](mailto:a.biko-bi-atomo@lareva-bois.com)  
[pclaudefeldman@gmail.com](mailto:pclaudefeldman@gmail.com)

Tél : (+241) 66 78 20 95  
(+241) 77 59 60 52  
(+241) 66 12 33 73

### Date limite de soumission

- Présentation Poster
- Communication orale

**15 Septembre 2021**

### Enregistrement

Les enregistrements aux journées  
d'études sont gratuits et les repas  
seront à la charge des participants.

Informations : <https://lareva-bois.com>

## PROGRAMME

### Mercredi 3 Novembre

**Mécanique du Bois – Construction,  
Habitat et Bois.**

- Etude du comportement  
mécanique du matériau bois ;
- Posters ;
- Le bois dans la construction :  
études et compréhension.

### Jcredi 4 Novembre

**Partenariats Publics – Privés,  
Renforcement de la Formation par  
l'Apprentissage et l'Innovation  
Technologique.**

- Valorisation des déchets des  
industries bois : Production des  
colles vertes et des molécules  
d'intérêt chimique et biologique à  
haute valeur ajoutée ;
- Bois tropical, bois d'exception :  
Valorisation du bois dans la  
construction.

### Vendredi 5 novembre

**Sylviculture, Ecologie, Microstructure et  
Qualité du Bois, Physique et Séchage.**

- Microstructure, écologie tropicale,  
sylviculture et qualité du bois
- Physique, transfert de chaleur,  
séchage du bois ;
- Posters.

**Biomolécules – Bioénergie –  
Composites et Matériaux Innovants.**

- Biomolécules et composés à  
activité thérapeutique ;
- Bioénergies, colles vertes,  
composites et matériaux  
innovants ;
- Posters.





**Forêts et Développement Rural (FODER)** est une association à but non lucratif créée le 02 décembre 2002 sous le numéro 76/J10/BAPP et membre de l'UICN

Notre vision : une société plus juste, sans marginalisation ni discrimination, mettant ses ressources naturelles au service du développement durable.

**Nos missions :** 1– Créer un cadre propice au développement durable à travers des actions visant à garantir la justice et l'équité, les droits et la démocratie, la gestion transparente, participative et durable des ressources naturelles ; 2– Préserver la diversité biologique et améliorer la qualité de vie et de l'environnement.

**Nos principaux objectifs :** 1- contribuer à la protection de l'environnement et à la gestion durable des ressources naturelles ; 2- lutter contre toute forme de marginalisation et de discrimination ; 3- contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations en zone rurale ; 4- contribuer à l'amélioration des politiques et des lois relatives à nos domaines d'intervention (environnement, foresterie, agriculture, pêche, santé, éducation, eau et énergie, etc.) 5- renforcer les capacités de FODER et celle des organisations de base ; 6- développer des partenariats et mobiliser des fonds pour notre mission.

**Nos cibles :** nos actions ciblent principalement les communautés locales et autochtones, les pouvoirs publics (tant au niveau local que central) et les politiques, stratégies et législations nationales. Nous agissons au bénéfice des groupes sociaux vulnérables, victimes de discrimination, de marginalisation, d'abus de leurs droits fondamentaux, de l'exploitation abusive ou exclusive des ressources naturelles et de la transformation de leur environnement.

**Nos interventions :** nous avons participé activement en tant que membre de la plateforme ECFP (European Community Forest Platform) aux négociations de l'APV-FLEGT, et nous contribuons de diverses manières à sa mise en œuvre. Nous intervenons par ailleurs sur la thématique des changements climatiques notamment le processus REDD+. Nos stratégies d'intervention comportent : le renforcement des capacités des OSC (Organisations de la Société Civile) et des communautés locales et autochtones, la lutte contre la corruption dans le secteur forestier à travers l'information, la formation et la sensibilisation, l'observation indépendante externe, le plaidoyer et le lobbying.



**Nos principaux partenaires:** Union Européenne, FAO, Rain Forest Foundation UK, University of Wolverhampton, Friends of the Earth Ghana, FERN, UICN.

**Contact :** Tel. (+237) 242 00 52 48 / B. P. : 11 417 Yaoundé-Cameroun  
Site web : [www.forest4dev.org](http://www.forest4dev.org) / [www.ant-cor.org](http://www.ant-cor.org)



## Environnement - Recherche - Action au Cameroun

Une des associations à but non lucratif ayant obtenu l'agrément d'Organisation Non Gouvernementale (ONG), au Cameroun, conformément aux dispositions de la loi N° 99/014 du 22 décembre 1999 régissant les Organisations Non Gouvernementales. Créée en 1995 par la volonté des chercheurs, ingénieurs et sociologues camerounais, la structure se propose de rendre accessible aux couches sociales modestes les résultats des travaux de recherches à travers des applications concrètes à grande échelle.

### BUT

Contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations sur les aspects socio-économiques, sanitaires, humanitaires et environnementaux.

### OBJECTIFS

- Améliorer le cadre de vie des populations dans les quartiers défavorisés des villes et villages;
- Promouvoir un meilleur accès des populations aux services sociaux;
- Renforcer les capacités des populations afin de leur permettre de participer activement aux stratégies et programmes de développement.

### DEMARCHE

Approche participative ; concertation ; collaboration avec les différents acteurs (publics, privés, autorités traditionnelles, société civile) et cofinancement.

### DOMAINES D'ACTIVITES

- Gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers défavorisés ;
- Hygiène et salubrité dans les quartiers défavorisés ;
- Renforcement des capacités des structures de santé et d'éducation sous équipées.

### MOYENS D' ACTIONS

Un siège équipé, un personnel diversifié et qualifié, un site Internet, des véhicules, une bibliothèque fournie.

### CHIFFRES

4 projets opérationnels d'amélioration de l'accès à l'eau potable et assainissement au Cameroun, 3 projets opérationnels de gestion et valorisation des ordures ménagères, 1 projet de restructuration de quartier précaires, 2 projets d'appui aux municipalités à la maîtrise d'ouvrage, 3 projets d'études d'impacts environnemental,

*Notre devise : Pour « une communauté humaine en harmonie et sans pauvreté »*

### PARTENAIRES

Catholic Relief Services (CRS), Ecole Polytechnique de Yaoundé (ENSP), Laboratoire Environnement et Sciences de l'Eau (LESEAU), Enginyeria Sense fronteres- ISF barcelona/Espagne, Equipe POLDEN, société INSAVALOR, Ircod Alsace, Ambassade de France au Cameroun, Service de la Coopération et d'Action Culturelle (SCAC), Communauté Urbaine de Yaoundé (CUY), Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Ministère français des affaires étrangères, Commune d'Arrondissement de Yaoundé VI, Programme National de Développement Participatif (PNDP), Syndicat des Communes du Mbam-et-Inoubou, MINH DU, MINEPDED, Ps-Eau.



B.P.:3356 Yaoundé (Messa)-Cameroun / Tel. : (237) 22231 56 67 / Coordonnateur : 237 699 84 62 77  
Site Web: [www.era-cameroun.com](http://www.era-cameroun.com) / E-mail: [secretariat@era-cameroun.com](mailto:secretariat@era-cameroun.com) / [emma\\_ngnikam@yahoo.fr](mailto:emma_ngnikam@yahoo.fr)



**GRUPE DE LA BANQUE AFRICAINE DE DEVELOPPEMENT  
DEPARTEMENT DE L'AGRICULTURE ET AGRO-INDUSTRIE  
FONDS POUR LES FORETS DU BASSIN DU CONGO**



1. Créé en Juin 2008, le Fonds pour les Forêts du Bassin du Congo (FFBC), administré par la Banque Africaine de Développement (BAD), vise à atténuer la pauvreté et à relever le défi du changement climatique à travers la réduction du taux de déforestation et de dégradation des forêts, tout en maximisant le stockage de carbone forestier sur pied. Le Conseil de Direction du FFBC est présidé actuellement par le Rt. Honorable Paul Martin, Ancien Premier Ministre du Canada. Les opérations du FFBC sont coordonnées par un Secrétariat logé au sein du Département de l'Agriculture et Agro-industrie de la BAD.

2. Sur le plan opérationnel et conformément à ses objectifs, le FFBC contribue à la mise en œuvre de trois axes stratégiques identifiés du Plan de convergence de la Commission des Forêts d'Afrique centrale (COMIFAC) à savoir : i) l'axe stratégique N° 2 relatif à la connaissance de la ressource, à travers la réalisation des inventaires, des aménagements et du zonage forestiers, la promotion des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) et le suivi de la dynamique des forêts à travers le développement en cours des systèmes de surveillance, de Mesure, de Notification et de Vérification des Gaz à effet de serre dans le cadre de la réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation (MNV-REDD) ; ii) l'axe stratégique N° 6 relatif au développement des activités alternatives et à la réduction de la pauvreté à travers la création de milliers d'activités génératrices d'emplois durables en milieu rural et ; iii) l'axe stratégique N° 9 relatif au développement des mécanismes de financement à travers le développement en cours du processus REDD+ dans les dix (10) pays de la Commission des Forêts d'Afrique centrale (COMIFAC), la mise en place et l'organisation de certaines coopératives locales en milieu rural et l'établissement de partenariats avec d'autres initiatives en cours (Fondation du Prince Albert II de Monaco).

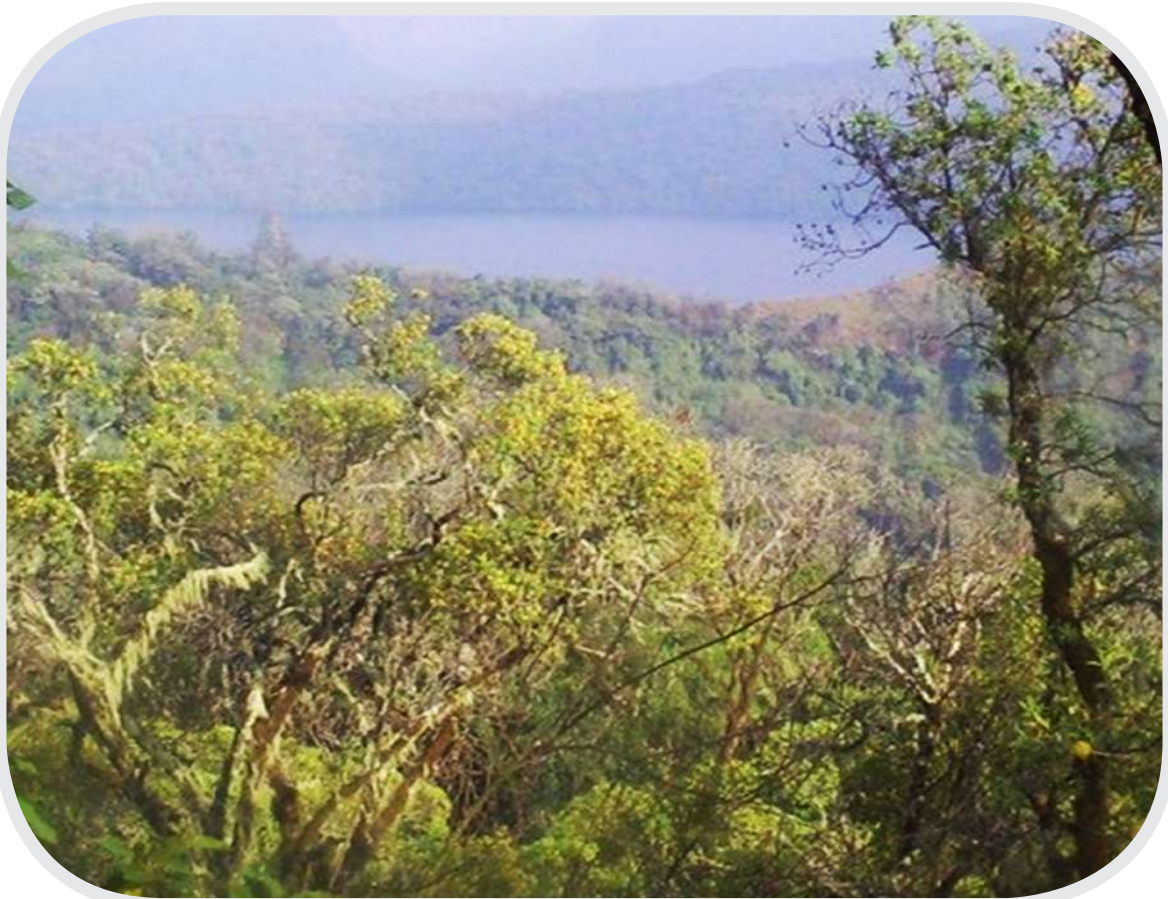
3. Au 31 octobre 2013, le portefeuille du FFBC dispose de 41 projets, soit : i) 15 projets de la société civile approuvés à l'issue du 1<sup>er</sup> appel à propositions lancé en 2008 ; ii) 36 projets approuvés à l'issue du second appel à propositions lancé en décembre 2009, dont 23 projets gouvernementaux et 13 projets de la société civile.

4. Afin de mieux répondre aux sollicitations de ses donateurs, le FFBC a élaboré : i) son manuel simplifié de procédures d'approbation des projets ; ii) son manuel simplifié de procédures de décaissements qui entrera en vigueur à partir des prochains appels à propositions. Toutefois, les leçons additionnelles tirées de cette première phase opérationnelle porteront entre autre sur : i) l'accompagnement technique de proximité en faveur de ses bénéficiaires membres de la société civile, au regard de leurs capacités limitées en matière de gestion des projets et de la maîtrise des règles et procédures de la Banque ; ii) la diligence accrue en terme de traitement des besoins exprimés par les donateurs. Le FFBC s'active de ce fait pour donner une réponse satisfaisante à ces différents écueils. Aussi, le FFBC a initié la révision de son cadre logique ainsi que le renforcement des capacités de son Secrétariat, en vue de mieux répondre aux défis opérationnels et de ce fait contribuer plus efficacement à l'atténuation des effets liés aux changements climatiques et à la lutte contre la pauvreté en milieu rural.

**Secrétariat du FFBC  
Département de l'Agriculture et Agro-Industrie  
Banque Africaine de Développement  
Immeuble du Centre de Commerce International d'Abidjan, CCIA  
Avenue Jean-Paul II, B.P.: 1387 Abidjan 01, Côte d'Ivoire  
[www.cbf-fund.org](http://www.cbf-fund.org) / [www.afdb.org](http://www.afdb.org)  
[CBFFSecretariat@afdb.org](mailto:CBFFSecretariat@afdb.org)**



**AFRICAN DEVELOPMENT  
BANK GROUP**



**Secrétariat du FFBC  
Département de l'Agriculture et Agro-Industrie  
Banque Africaine de Développement  
Immeuble du Centre de Commerce International d'Abidjan, CCIA  
Avenue Jean-Paul II. B.P.: 1387 Abidjan 01, Côte d'Ivoire  
[www.cbf-fund.org](http://www.cbf-fund.org) / [www.afdb.org](http://www.afdb.org)  
[CBFFSecretariat@afdb.org](mailto:CBFFSecretariat@afdb.org)**