



Revue Scientifique et Technique

ISSN 2409-1693 / eISSN 2412-3005

Forêt & Environnement

Bassin du Congo

Revue Internationale Semestrielle

Octobre 2019

Volume 13





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 / Site web: www.comifac.org



EQUIPE DE REDACTION

Rédacteur en Chef

KACHAKA SUDI KAIKO Claude

Chargé de la Publication

NGUEREGAYE Regis Aristide

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 - www.revue.riffeac.org / B.P.: 2035 Yaoundé - Cameroun / Tél. : +237 222 20 80 65 / e-mail : 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'attachement de la plupart des pays à la sauvegarde des écosystèmes fragiles ou régulateurs du climat montre à suffisance que la côte d'alerte est atteinte et l'urgence d'actions concrètes et concertées indispensables pour le futur de la planète. Les forêts du Bassin du Congo qui forment le second plus grand massif forestier tropical de la planète et s'étendent sur plus de 2 millions de km² constituent un pôle de biodiversité unique au monde et contribuent aux efforts globaux de l'atténuation des changements climatiques. Menacé de toute part par les variations climatologique et environnementale, le besoin de protéger ce patrimoine commun à 6 pays d'Afrique Centrale devient presque impératif pour la survie des espèces endogènes, la préservation des ressources renouvelables et l'épanouissement des populations environnantes.



Professeur Antoine VIANOU

*Professeur Titulaire des Universités
Chevalier de l'Ordre International des Palmes
Académiques du CAMES
Vice-Recteur Honoraire de l'Université d'Abomey-Calavi
Directeur de l'École Doctorale des Sciences de l'Ingénieur
de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin*

Face à l'urgence, des actions se mettent progressivement en place à l'exemple de la déclaration de Bruxelles du 28 novembre 2018 en Belgique sur les politiques d'accompagnement et de financement à mettre en œuvre dans le cadre du Partenariat pour les Forêts du Bassin du Congo (PFBC), la Lettre d'intention signée le 3 septembre 2019 par le Président français Emmanuel Macron engageant 65 millions de dollars pour la préservation de la forêt tropicale en République du Congo, l'engagement des Ministres de la Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC) pour la structuration efficiente d'un Partenariat Public-Privé (PPP) pour la valorisation des Aires Protégées, etc.

La réduction des gaz à effet de serre et l'atténuation de l'impact écologique ne devant plus être seulement des discours politiques, doivent se transformer en action concrètes pour les générations futures. Il s'agit notamment de la revalorisation de la taxe carbone, de la lutte contre le trafic des espèces protégées et le braconnage, le reboisement, la protection de la biodiversité et l'optimisation des instruments juridiques.

Le RIFFEAC est le bras séculier de la COMIFAC en matière de Formation harmonisée dans le domaine des ressources naturelles et études d'impacts environnementaux à travers ses 22 institutions situées toutes dans le Bassin du Congo.

Cette **formation** se fait à travers les passerelles de formation sous forme de modules spécialisés avec délivrance des attestations ou des certificats, ou sous forme de parcours diplômant LMD (Licence - Master - Doctorat).

La **Recherche Développement** et la **Recherche Fondamentale** menées au sein du

Editorial

RIFFEAC par le biais de ses programmes de **formation doctorale** et ceci en partenariat avec des institutions du Nord connues et reconnues très compétentes dans la gestion des ressources naturelles et dans la gestion environnementale font du RIFFEAC une institution de référence.

La **Communication** se fait à travers les publications issues des travaux de recherche dont la plupart des bourses sont octroyés sur une base compétitive. La cérise sur le gâteau étant la Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo, éditée et publiée par le RIFFEAC tous les semestres et ceci sans interruption depuis le volume 1 publié en octobre 2013. Ce volume que nous parcourons avec fierté maintenant est le volume 13 qui vient de paraître en octobre 2019.

Nous osons croire que dans ces différents grands programmes de financement de la bonne gestion des ressources naturelles et de l'environnement pourra figurer de manière récurrente le financement de cette Revue dont le budget ne peut être supporté par les 22 institutions donc les missions premières ne peuvent être le financement d'une revue de cette taille.

Ceci est un appel très fort aux multiples groupes de Bailleurs de Fonds qui investissent dans l'aménagement durable des Ressources Naturelles du Bassin du Congo.

Faut-il encore le rappeler, le LOGO du RIFFEAC (**Formation - Recherche - Communication**) est à l'image du trépied du théodolite des géomètres topographes. La stabilité durable de ce trépied repose sur ses 3 jambes ; si une jambe est absente alors ce trépied se déséquilibre et tombe.

Professeur Antoine VIANOU (Dr-Ing. & Dr. ès Sc.)

Professeur Titulaire des Universités

Énergétique-Électrotechnique-Energies Renouvelables

Académicien, Chevalier de l'Ordre National du Bénin

**Chevalier de l'Ordre International des Palmes Académiques du
CAMES**

Vice-Recteur Honoraire de l'Université d'Abomey-Calavi

**Président du Comité Scientifique Sectoriel Sciences et Techniques
de l'Ingénieur**

**Directeur de l'École Doctorale des Sciences de l'Ingénieur de
l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin**

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 e-mail : damase.khasa@sbf.ulaval.ca
2	<i>RIERA Bernard</i>	(2) - Agro-écologie	HDR (CNRS)	Muséum National d'Histoire Naturelle, FRANCE e-mail : riera@mnhn.fr
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 e-mail nzaladon@yahoo.fr
4	<i>MBAÏLAO MBAÏGUINAM Jean Marie</i>	(4) - Biologie de la conservation	Maître de Conférences (CAMES)	Université de N'djaména, TCHAD e-mail : mbailaoj@yahoo.fr
5	<i>WABOLOU François</i>	(5) - Biotechnologie forestière	Maitre assistant des Universités	Institut Supérieur de Développement Rural, RCA e-mail : wabolouf@yahoo.fr
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 e-mail : drsaliou@gmail.com
7	<i>BOBDA Athanase</i>	(7) - Droit forestier	Professeur des Universités	Université du Havre, FRANCE e-mail :bopda20001@yahoo.com
8	<i>POSSO Paul Darius</i>	(8) - Ecologie forestière	Professeur Titulaire	Ecole Nationale des Eaux et Forêts Cap-Estérias, GABON e-mail : possopauldarius@yahoo.fr
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 e-mail : h_boukoulou@yahoo.fr
10	<i>NANCY Gélinas</i>	(10) - Economie environnementale	Professeur Titulaire	Université Laval, CANADA e-mail :nancy.gelinas@sbf.ulaval.ca
11	<i>RIERA Bernard</i>	(11) - Foresterie communautaire	HDR (CNRS)	Muséum National d'Histoire Naturelle, FRANCE e-mail : riera@mnhn.fr
12	<i>TCHOUNDJEU Zacharie</i>	(12) - Génétique et génomique forestières	Maître de Recherche	Higher Institute of Environmental Sciences, CAMEROUN e-mail : z.tchoundjeu@cgiar.org

COMITE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

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

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

COMITE DE LECTURE

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

COMITE DE LECTURE

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

COMITE DE LECTURE

N°	Noms et Prénoms	Titre	Institution
40	<i>RIERA Bernard</i>	HDR (CNRS)	Muséum National d'Histoire Naturelle, FRANCE e-mail : riera@mnhn.fr
41	<i>SONKE Bonaventure</i>	Professeur des Universités	Ecole Normale Supérieure, Université de Yaounde I, CAMEROUN e-mail : bsonke_1999@yahoo.com
42	<i>TABOPDA WAFO Gervais</i>	Professeur Titulaire	Université d'Orléans, France e-mail : gervais.tabopda@design.gatech.edu
43	<i>TALLA Pierre Kisito</i>	Maître de Conférences des Universités	Faculté des Sciences / Université de Dschang, CAMEROUN e-mail : tpierrekisito@yahoo.com
44	<i>TCHATAT Mathurin</i>	Maître de Recherche	Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), CAMEROUN. e-mail : mathurintchatat@yahoo.fr
45	<i>TCHEBAYOU Sébastien</i>	Master of Science in Natural Resource Management ; Ingénieur des Eaux, Forêts et Chasses Coordonnateur FODER	ONG Forêts et Développement Rural, CAMEROUN. e-mail : setchebayou@yahoo.fr
46	<i>TCHEHOUALI DEFODJI Adolphe</i>	Maître de Conférences des Universités (CAMES)	Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, BENIN e-mail : tchehoua@yahoo.fr
47	<i>TCHINDJANG Mesmin</i>	Maître de Conférences des Universités	Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines Université de Yaoundé I, CAMEROUN e-mail : mtchind@yahoo.fr
48	<i>TCHOUNDJEU Zacharie</i>	Maître de Recherche	Higher Institute of Environmental Sciences, CAMEROUN e-mail : z.tchoundjeu@cgiar.org
49	<i>TSAGUE 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 e-mail : tsaguel@yahoo.fr
50	<i>TUMWESIGYE Wycliffe</i>	Senior Lecturer	Kitabi College of Conservation and Environmental Management, RWANDA e-mail : wtum2012@gmail.com
51	<i>ZAPFACK Louis</i>	Maître de Conférences des Universités	Faculty of Science, Department of Plant Biology, University of Yaounde I, CAMEROUN e-mail : lzapfack@yahoo.fr

SOMMAIRE

EDITORIAL	P. 3-4	SYNTHÈSES DE THÈSES ET DE MÉMOIRES	
COMITE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE	P. 5-6	<i>Constitutive modeling of plastically deformed and damaged bamboo under monotonic increasing uniaxial compressive load and cyclic uniaxial compressive load using the principles of continuum damage mechanics and the theory of endochronic plasticity</i>	P. 81-85
COMITE DE LECTURE	P. 7-10		
ARTICLES SCIENTIFIQUES			
<i>Effect of trees' basal area and substrate on the regeneration in the Rubi Tele Domaine de Chasse mature forest</i>	P. 12-20	<i>Contribution à la gestion durable des zones humides du Cameroun : inventaire, caractérisation des impacts environnementaux et dynamique des oiseaux d'eau dans le paysage côtier Douala-Edéa</i>	P. 86-89
<i>Méthode simplifiée pour la cartographie de l'occupation du sol en zone de montagne: cas du bassin versant de la Menoua (Région de l'Ouest-Cameroun)</i>	P. 21-33		
<i>Caractérisation des systèmes agroforestiers en zone de haute altitude du Parc National de Kahuzi Biega en République Démocratique du Congo</i>	P. 34-46	<i>Evaluation de la gestion environnementale du projet d'aménagement de la voie carrefour Etam Bafia-carrefour chapelle Mvog Mbi et bretelles à Yaoundé au Cameroun</i>	P. 90-91
NOTES TECHNIQUES			
<i>Utilisation de l'habitat par la faune sauvage en saison sèche : Cas de la Zone d'Intérêt Biologique (ZIB) 19 de Tchéboa dans la Région du Nord Cameroun</i>	P. 47-57	<i>Contribution au suivi environnemental et social des travaux de construction de l'ouvrage d'art n°17 et ses voies d'accès sur la rivière Bangué à Yokadouma au Cameroun</i>	P. 92-93
<i>Itinéraire stratégique de production et de commercialisation des champignons comestibles pleurotus au Cameroun par la CoopSDEM COOP-CA</i>	P. 58-68	NOUVELLES	P. 95-98
<i>Enjeux socio-économiques et environnementaux de l'occupation des zones à risque d'inondation du bassin versant de l'Abiergué (Yaoundé-Cameroun)</i>	P. 69-80	SUGGESTIONS DE LECTURE	P. 99-102
		DIRECTIVES AUX AUTEURS	P. 103-107
		AUTHORS GUIDELINES	P. 108-112



Madame Carolina Schmidt
Ministre de l'Environnement du Chili

« Un réel développement économique et social n'est possible qu'en respectant l'environnement »



Effect of trees' basal area and substrate on the regeneration in the Rubi Tele Domaine de Chasse mature forest

Katembo W. E.^{1,5}, Amani A. C.^{2,4}, Lejoly J.^{3,5}, Sabongo Y. P.^{1,5} et Nshimba S. M.^{1,5}

(1) Faculty of Sciences, University of Kisangani, DR Congo / e-mail : ericwasingya@gmail.com

(2) Faculty of Sciences, Bukavu Official University, DR Congo

(3) Free University of Brussels, Belgium

(4) Center for International Forestry Research, Indonesia

(5) Laboratory of Ecology and Management of Plant Biodiversity, DR Congo

DOI : <http://doi.org/10.5281/zenodo.3518813>

Abstract

The aim of the present study is to analyze the effect of trees' basal area and substrate on the regeneration in the Rubi Tele Domaine de Chasse (RTDC) mature forests. The RTDC straddles the Tshopo and the Bas-Uélé provinces in the North-Eastern part of the Democratic Republic of the Congo (DRC). A census of all shrubs and arborescent individuals with 1 cm diameter at least was realized in twenty (20) plots of 0.05 ha (100 m X 5 m) each. Simultaneous accumulation of area showed in the understory layer the appearance of 95 species (2195 individuals) in the mature forest established on Periodically Flooded soils (PI) and 82 species (3192

individuals) in the mature forest established on dry gravelly soil (Gr). The mean rate of the arborescent basal recovery to the inventory area of each plot (0.05 ha) was 2.16% (Gr) and 1.54% (PI). The arborescent and understory layers showed a common floristic procession (Index of Jaccard) of 36.36% in mature forests established on Gr and 25.61% in mature forests established on PI. The effect of trees' basal area and substrate (explained variance: 69.26%, RDA1: 85.46%, RDA2: 4.56%) on the understory layer's spatial organization was also observed.

Keywords : Basal area, substrate, regeneration, Rubi Tele

Résumé

L'objectif de la présente étude vise à analyser l'effet de la surface terrière des arbres et du substrat sur la régénération des forêts matures du Domaine de Chasse de Rubi Tele. Situé dans la partie Nord-Est de la République Démocratique du Congo (RDC), ce domaine chevauche les provinces de la Tshopo et du Bas-Uélé. Un recensement de tous les arbustes et les arbres présentant au moins 1 cm de diamètre a été réalisé dans vingt (20) parcelles de 0,05 ha (100 m x 5 m) chacun. Le cumul simultané de superficie a illustré l'apparition de 95 espèces (2195 individus) dans

la forêt mature établie sur sol Périodiquement Inondé (PI) et 82 espèces (3192 individus) dans celle établie sur terre ferme graveleuse (Gr). Le taux moyen de recouvrement basal des arbres par rapport à la surface d'inventaire (0.05 ha) de chaque relevé était de 2,16 % (Gr) et de 1,54 % (PI). Les strates arborescente et arbustive présentaient un cortège floristique commun de l'ordre de 36,36 % (Gr) et de 25,61 % (PI). L'effet de la surface terrière des arbres et du substrat (variance expliquée : 69,26 % ; RDA1 : 85,46 % ; RDA2 : 4,56 %) sur la flore arbustive a aussi été constaté.

Mots clés : Surface terrière, substrat, régénération, Rubi Tele

1. Introduction

The forest regeneration depends on tree spatial organization and the substrate on which it is established. It is the result regeneration is the result of dispersal, seed germination and seedling survival in correlation with the distribution of main trees (Fajardo et al., 2006). This correlation can, in turn, be

affected by disturbances (Nathan and Muller-Landau 2000).

At small scales, these disturbances in the case of gap determine regeneration zone (Brokaw, 1987; Denslow, 1987; Hubbell and Foster, 1986; Oldernan, 1983; Denslow, 1980). Authors such as Pascal (1995), Durrieu de Madron (1993) and Loffeier (1989) also

showed that the death of trees (emergent, dominant and dominated trees) on feet gave the possibility to diaspores to grow and to heliophilous and pioneer species present in the understory layer to settle.

Beyond the effect of tree structure, it was reported that habitat heterogeneity conditioned the distribution of tree species seedlings and regenerations (Ter Steege et al., 2000). In addition, this heterogeneity reflects strong behavioral differences in relation with the expression of the ecophysiological, morphological and demographic characteristics of each species on the one hand, and the development of each individual on the other hand (Costa, 2004).

The establishment of the Rubi Tele Domaine de Chasse mature forests on dry gravelly soil (Gr) and on Periodically Flooded soil (PI) offers to us the opportunity to analyze the effect of trees' basal area and of the substrate on the regeneration in this part of the DRC. We assumed that, by controlling some ecosystem processes, the structure and the diversity of the understory layer could differ from one forest type to another. Comparing the composition of the understory layer in relation with that of the arborescent layer between forest types could allow the identification of the threshold in the relationship existing between these two layers. Due to the influence of the composition and density of the tree cover on some ecosystem processes such as nutrient cycling and light transmission, we assumed that

the trees' basal area and the substrate would create conditions that favor the development of understory layers species in RTDC mature forests.

2. Material and Methods

2.1. Study area

Created since 1930 (51th legislative Ordonnance / Agri.; 12th december 1930), the RTDC is located on south of the Buta city, spanning from 2°32'22.9" N to 2°43'50.04" N and 24°38'25.17" E to 25° 04' 35.98" E (figure 1). The RTDC straddles the Tshopo and Bas-Uélé provinces in the north-eastern part of the Democratic Republic of the Congo (DRC) where it covers an area of 6 227.74 km² (Iccn, 2012).

The RTDC lays in the Am climatic domain of Vladimir Koppen's classification (1936). Mean monthly temperatures fluctuate around 25°C while annual rainfall varies between 1 500 mm and 1 800 mm / year (Gillain, 1953).

2.2. Data collection

Oriented from East to West, twenty (20) rectangular plots of 0.05 ha (5 m x 100 m) each were installed in mature forests established on Gr (10) and on PI (10). In these plots, all shrubs and trees individuals with 1 cm diameter at least were identified. These inventoried, measured and identified individuals were categorized into two sets where the first set (understory layer) included all shrubs with diameter at the root collar

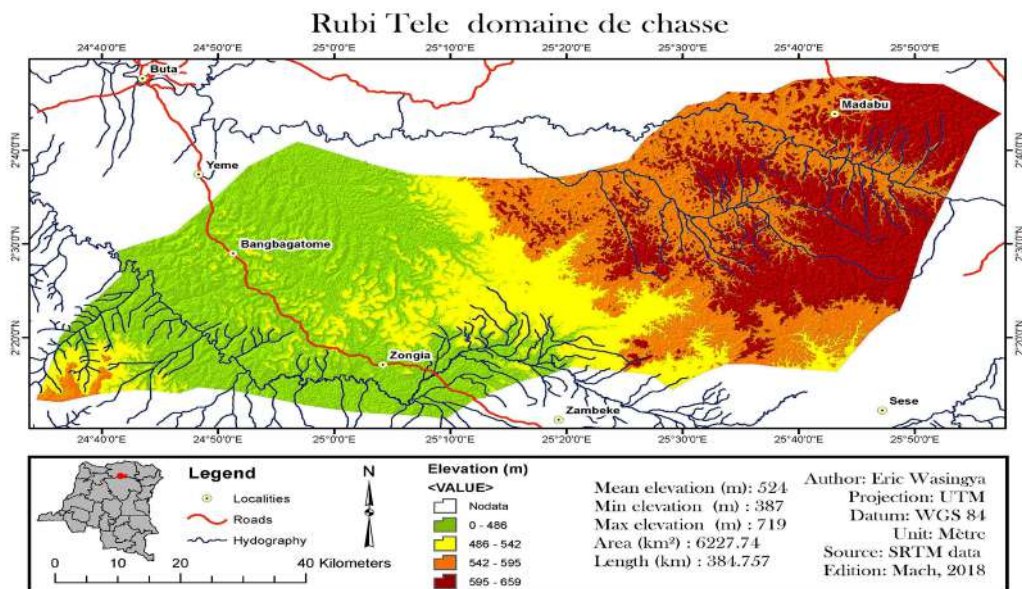


Figure 1 : Map illustrating the Rubi Tele Domaine de Chasse (Katembu et al., 2018a)

(DC) and Diameter at Breast Height (DBH) less than 10 cm ($1 \text{ cm} \leq \text{DC} < 10 \text{ cm}$ and $\text{DBH} < 10 \text{ cm}$) while the second set included all trees (arborescent layer) at $\text{DBH} \geq 10 \text{ cm}$. Soil samples were collected from the middle of the plot.

2.3. Data analysis

Collected data were used to analyze the floristic composition (species richness, Fisher alpha index and Pielou's Evenness and the structure (density, basal area and above-ground biomass) of the shrub individuals. Characteristic species were determined using the Indval method (De Cáceres, 2013; Dufrêne and Legendre, 1997). The allometric equation was used to estimate the Above-Ground Biomass (AGB) (Chave and al., 2005). The student *t* test was used to compare the floristic and structural parameters between the two forest types (Gr and PI). The floristic link between the diversity of the arborescent layer and that of the shrub layer was analyzed using the Jaccard similarity index (Jaccard, 1990 in Legendre and Legendre, 1998). The renewal of arborescent

layer by the shrub layer was calculated using the natural regeneration index (Rn). The latter was obtained by dividing the number of regenerants by that of trees (Hakizimana et al., 2011; Havyarimana, 2009). If $Rn < 1$, the population is deficient; if $Rn \geq 1$, the population is balanced. The relative frequency and density of species *i* in each set were calculated. Species with more than 3.5 % of relative density and a relative frequency greater than 40% in the adult component of each woody group were selected as the most representative. The choice of these species, based on this criterion, allowed to check whether they regenerated normally in order to appreciate the capacity of adaptation to the ecological conditions.

The detection of constrained floristic gradients of the trees' basal area, soil (texture, assimilable phosphorus, carbon, nitrogen, pH) and slope has been analyzed using the Redundancy Analysis (RDA).

3. Results

3.1. Spatial organization of the flora

The species-area curves (figure 2) illustrated the appearance of 95 species (2 195 shrubs including 45 exclusive species) in the mature forests established on PI and 82 species (3 192 shrubs including 31 exclusive species) in those established on Gr. Comparison of cumulative species values resulted difference in the occurrence of new species ($t = 3.094$, $p = 0.013$).

Figure 3 illustrates a higher mean of species richness and Fisher alpha index in the understory layer in mature forests established on Gr ($S = 32.3 \pm 3.68$ species; Fisher alpha = 9.02 ± 1.11) than those established on PI ($S = 26.9 \pm 7.32$ species; Fisher alpha = 8.45 ± 3.43). It was remarked that the situation has reversed for the Pielou's Evenness in RTDC mature forests established on Gr (Pielou's Evenness

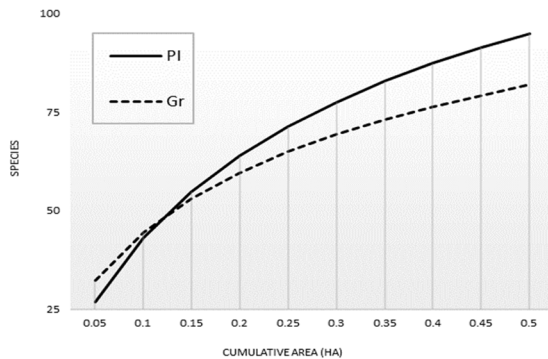


Figure 2: Species-area curves of the understory layer's diversity in RTDC mature forests.

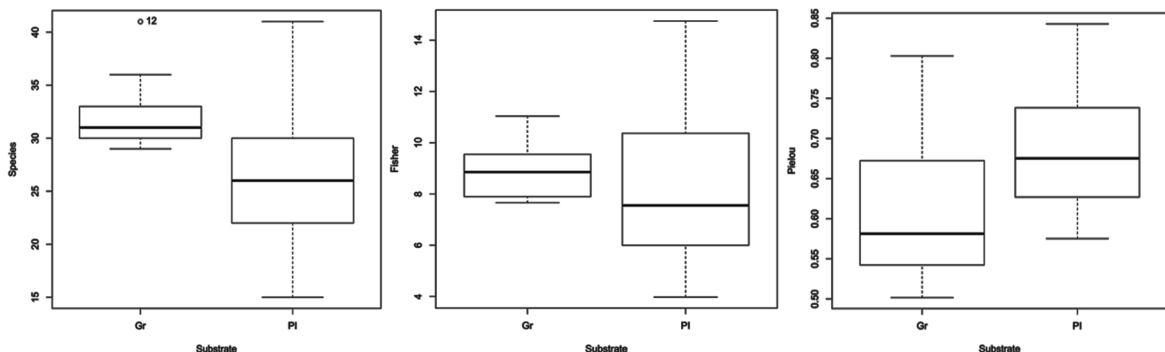


Figure 3: Dispersion of species richness (left), Fisher alpha (middle) and Pielou's Evenness (right) values

= 0.61 ± 0.09) and for those of RTDC mature forests established on PI (Pielou's Evenness = 0.69 ± 0.82) mature forests. The student t test applies to compare the means does not show difference for the species richness ($p > 0.05$), the Fisher alpha index ($p > 0.05$) and the Pielou's Evenness ($p > 0.05$).

The spatial distribution of understory species in the RTDC mature forests illustrated a characterization of *Napoleonaea septentrionalis*, *Drypetes lisolinoli*,

Diospyros boala in the RTDC mature forests established on PI and *Cola griseiflora*, *Diospyros bipendensis*, *Dialium pachyphyllum* and eleven more for those established on Gr (table 1).

Figure 4 illustrated a higher mean density (D), basal area (G) and estimated Above-Ground Biomass (AGB) in the understory layer of forests established on Gr ($D = 6384 \pm 1051$ individuals. ha^{-1} ; $G = 6.18 \pm 2.05$ $m^2. ha^{-1}$; $AGB = 21.94 \pm 8.21$ $Mg. t^{-1}$) than those

Table 1 : List of indicator species characterizing the undergrowth of mature forests considered

Substrate	Species	Probability		Indval	
		Fidelity	Occurrence	Indval	p.value
PI	<i>Napoleonaea septentrionalis</i>	0.8851	0.8	0.841	0.037*
	<i>Drypetes lisolinoli</i>	1	0.7	0.837	0.004**
	<i>Diospyros boala</i>	0.6879	1	0.829	0.008**
Gr	<i>Cola griseiflora</i>	0.9163	1	0.957	0.001***
	<i>Diospyros bipendensis</i>	0.8734	1	0.935	0.004**
	<i>Dialium pachyphyllum</i>	0.8485	1	0.921	0.002**
	<i>Monodora angolensis</i>	0.7658	1	0.875	0.008**
	<i>Rothmannia libisa</i>	0.9143	0.9	0.907	0.001**
	<i>Hunteria congolana</i>	0.9	0.9	0.9	0.002**
	<i>Leptonychia tokana</i>	0.8947	0.9	0.897	0.005**
	<i>Pancovia harmsiana</i>	0.875	0.9	0.887	0.006**
	<i>Diogoa zenkeri</i>	0.931	0.8	0.863	0.002**
	<i>Rinorea oblongifolia</i>	0.8	0.8	0.8	0.009**
	<i>Angylocalyx pynaertii</i>	0.7872	0.8	0.794	0.023*
	<i>Dasylepis seretii</i>	1	0.7	0.837	0.003**
	<i>Julbernardia seretii</i>	1	0.5	0.707	0.029*
	<i>Napoleonaea imperialis</i>	1	0.5	0.707	0.028*

Degrees of significance: NS = not significant; significant at the level of * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

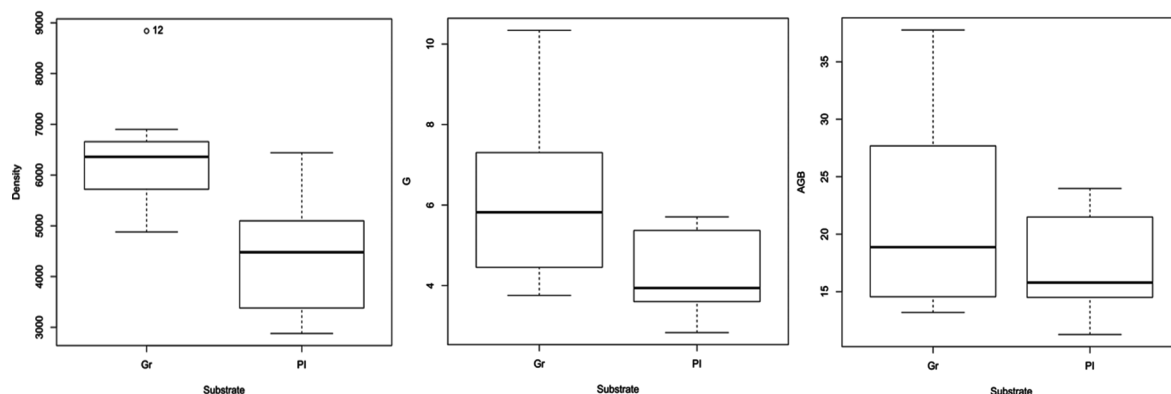


Figure 4: Dispersion per ha of regeneration density (left), basal area (middle) and above-ground biomass (right) values in the RTDC mature forests

established on PI ($D = 4390 \pm 1080$ individuals. ha⁻¹; $G = 4.24 \pm 0.98$ m². ha⁻¹; $AGB = 17.30 \pm 4.35$ Mg. t⁻¹). The comparison of the density ($p < 0.05$) and basal area ($p < 0.05$) occupied by the regenerators of the targeted mature forests illustrates an effect of substrate whereas it was not the case for the comparison of Above-Ground Biomass ($p > 0.05$).

The mean trees basal recovery rate (figure 5) compared to the inventory area (0.05 ha or 100 m X 5 m) were 2.16% (Gr) and 1.54% (PI). The comparison of these means does not show any difference ($t = -2.093$; $p > 0.05$).

3.2. Floristic affinity and forest dynamic renewal

From the floristic composition present in Gr and PI mature forests, it was found that the understory and arborescent layers presented a common floristic procession of 36.36% (Gr) and 25.61% (PI).

From the relative frequency and abundance of common species to arborescent and understory layers, the finding

was that *Gilbertiodendron dewevrei* had the highest numerical potential in juveniles and is followed by *Diospyros boala* (table 2). On the other hand, *Julbernardia seretii*, *Angylocalyx pynaertii* and *Dasylepis seretii* were abundant and frequent in the arborescent layer of Gr mature forests but poorly regenerated.

The mean regeneration index calculated on the floristic data present in the arborescent layer and present or not in the understory layer in the PI-mature forests (4.83) and in Gr-mature forests (5.88) exceeds unity. This reflects a good regeneration of arborescent layer under its shade.

3.2. Relationship between tested variables and understory layer diversity

The correlation analysis illustrated the effect (explained variance: 69.26%, RDA1: 85.46%, RDA2: 4.56%) of the basal recovery rate of trees and substrate on the undergrowth diversity of the forests considered (figure 6).

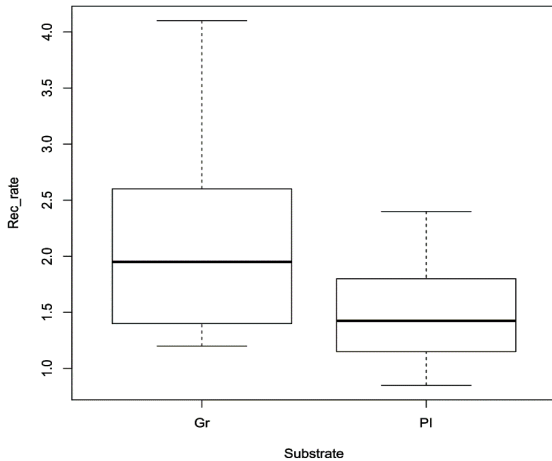


Figure 5: Tree basal recovery rate to the inventory area of Gr and PI mature forests

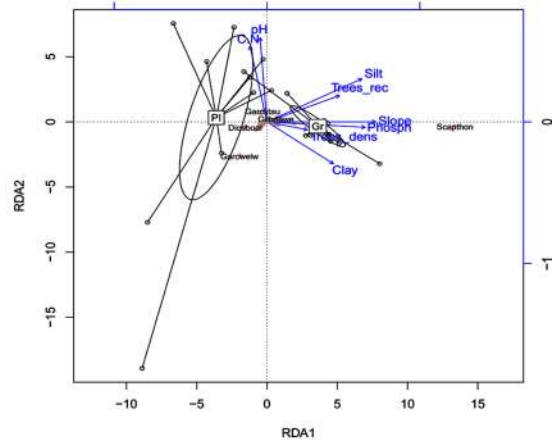


Figure 6. Redundancy analysis illustrating the effect of the arborescent cover rate and of the substrate on understory layer’s diversity in the RTDC mature forests

Table 2: Relative frequency and abundance of species dominating arborescent and understory layers

Species	Gr				PI			
	Rel Ab		Rel freq		Rel Ab		Rel freq	
	A&Ad	ar	A&Ad	ar	A&Ad	ar	A&Ad	ar
<i>Gilbertiod. dewevrei</i>	35.51	14.87	90	100	45.61	14.8	80	100
<i>Diospyros boala</i>	6.12	6.15	70	100	8.77	13.9	90	100
<i>Drypetes lisolinoli</i>					4.82	3.73	40	70
<i>Julbernardia seretii</i>	11.02	0.63	90	50				
<i>Angylocalyx pynaertii</i>	7.35	2.32	80	80				
<i>Dasylepis seretii</i>	4.9	0.82	70	70				

4. Discussion

The demographic structure of the understory layer species showed a significant decrease in the number of juveniles as we moved from a lower diameter class to a higher one. This decrease seemed to follow an exponential law. This type is illustrated by massive recruitment of juveniles at the early stage of development (Higgins et al., 2000). In Burkina Faso, Ouédraogo et al. (2006) and Gijsbers et al. (1994) link this decline to drought effects. This statement supports the hypothesis that seedlings are subjected to mortality filters due to predators, pathogens (Augsburger and Kelly, 1984; Janzen, 1970) and heterogeneous light conditions in the shrub (Boyemba, 2011; Baraloto, 2001; Nicotra et al., 1999; Whitmore, 1991). These presumptions do not depart from the observation made in the RTDC mature forests where this decrease is explained by a competition for space, a difficulty of rooting (litter thickness, sandstone slab) and temporary flooding asphyxiating seedlings of some species. The use of the comparison test of means of species richness and alpha diversity

between plots (figure 4) showed that all the diaspores in the studied forests had an equal opportunity to grow.

The shrubs floristic composition did not show any noticeable divergences with the DCRT arborescent layer in general whereby Fabaceae, Ebenaceae, Malvaceae, Rubiaceae are present in both understory and arborescent layers. This link can be explained by the fact that the presence of seedlings in a station is mainly favored by the presence of the main plant (de la Mensbrughe, 1966) and the external potential (Kimpouni et al., 2013; Dupuy, 1998; Alexandre, 1982).

Structural and microclimatic heterogeneity within tropical forests is one of the causes of the biotope's diversity found there (Tabarant, 2007). This heterogeneity is justified by the canopy cover density which influences diversity and density of the understory layer. This finding is similar to the results found in RTDC mature forests where the understory density correlates positively with the rate of basal tree cover (figure 7). The sparse canopy correlated with the high local diversity (Fisher alpha) of the understory layer can

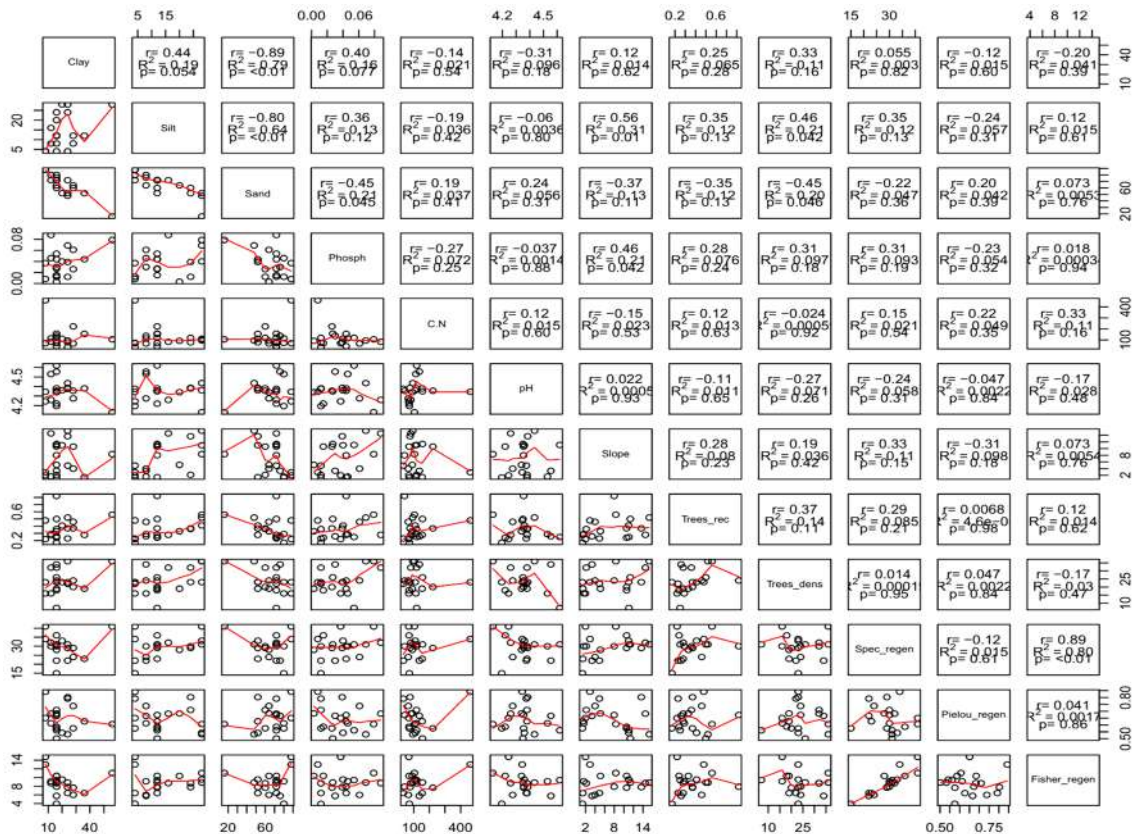


Figure 7: Relationship between basal tree cover, topo-edaphic variables and those (diversity and structure) of regeneration

be explained by the penetration of light rays favoring the development of most heliophilous species. This finding was also made in forests with *Pericopsis elata* (Boyemba, 2011) and in *Gilbertiodendron dewevrei* PI-mature forests (Katembu, 2013). An attention was also drawn to the nature of the substrate where Djago and Sinsin (2005) found that soil geomorphology had an effect on local undergrowth diversity. This effect was found in the mature forests established on the RTDC where regeneration conditions were difficult.

Raolinandrasana (1996) assumes that these conditions are the result of the sandy soil texture combined with the structure of that forest. Additionally, the seedlings that come to settle face the problem of periodic flooding. This flood creates a congestion phenomenon and eliminates seedlings by asphyxiation. Moreover, the conditions of installation of the regenerators on the dry soil are sufficient except that they meet poor light conditions which hinder the development of the seedlings. This finding is similar to the results found by Sabongo (2015) in *Gilbertiodendron dewevrei* monodominant forests.

5. Conclusion

The appreciation of the species richness and demographic structure of the understory layer revealed an unequal distribution of individuals between species and estimated Above-Ground Biomass. A distribution that is justified by a mesological heterogeneity and the density of the canopy. This heterogeneity did not influence the species richness, local diversity, density and basal area of the undergrowth. It should also be noted that the floristic trend of species in the arborescent layer is also reflected in the understory layer. This is illustrated by a strong floristic dependence between these two components of vegetation.

Acknowledgements

We are thankful to the Kisangani University, the Organisation Concertée des Ecologistes et Amis de la Nature for funding this study through the competitive project Forêt et Changement Climatique au Congo & Formation Recherche Environment dans la Tshopo. We are also indebted to the Institut Congolais pour la Conservation de la Nature and the Centre de Surveillance de la Biodiversité for respectively giving access to the Rubi Tele Domaine de Chasse and the office. Finally, we thank the Belgian VLIRUOS project for their invaluable collaboration. The authors thank Dr. Onésine Mubenga Kankonda for reading an earlier draft.

References

- Alexandre, D. Y. (1982).** Aspects de la régénération naturelle en forêt dense de Côte-d'Ivoire. *Candollea*, 37: 579-588.
- Augspurger, C.K., Kelly, C.K. (1984).** Pathogen mortality of tropical tree seedlings: experimental studies of the effects of dispersal distance, seedling density, and light conditions. *Oecologia*, 61: 211–217. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00396763>;
- Baraloto, C. (2001).** Tradeoffs between neotropical tree seedling traits and performance in constraining environments. *PhD Thesis, Univ. Michigan.*, 302 p.
- Boyemba, B. (2011).** Écologie de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. *Thèse de doctorat, ULB.* 206 p.
- Brokaw, N.L. (1987).** Gap-phase regeneration of three pioneer tree species in a tropical forest. *Journal of Ecology*, 75: 9-19.
- Chave, J., Andalo, C. Brown, S. Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D. (2005).** Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145: 87–99.
- Choler, P., Michalet, R., Callaway, R.M. (2001).** Facilitation and competition on gradients in alpine plant communities. *Ecology*, 82: 3295–3308.
- Costa, F.R. (2004).** Structure and composition of the ground-herb community in a terra firme Central Amazonian forest. *Acta Amazonica*, 34(1): 53-59.
- De Caceres, M. (2013).** How to use the Indic species package (ver.1.7.1). The R projects. Centre Technologic Forestal de Catalunya, Solsona, Catalonia, Spain. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/indicpecies/vignettes/indicpeciesTutorial.pdf>, 29p.
- De La Mensbrughe, G. (1966).** La germination et les plantules des essences arborées de la forêt dense humide de la Côte d'Ivoire. Publication n° 26. Nogent-sur-Marne, France : CTFT : 26, 389p.
- Denslow, J.S. (1980).** Gap partitioning among tropical rain forest trees. *Biotropica*, 12: 47-55.
- Denslow, J.S. (1987).** Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18: 431-451.

- Dufrène, M., Legendre, P. (1997).** Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67 : 345- 366.
- Dupuy, B. (1998).** Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine, Série FORAFRI, *document 4*, CIRAD Forêt, 324 p.
- Durrieu de Madron, L. (1993).** Mortalité, chablis et rôle des trouées dans la sylvigénèse avant et après exploitation sur le dispositif d'étude sylvicole de Paracou. *Thèse de doctorat, ENGREF/CIRAD*, 204 p + annexes.
- Fajardo, A., Goodburn, J.M., Graham, J. (2006).** Spatial patterns of regeneration in managed uneven-aged ponderosa pine / Douglas-fir forests of Western Montana, USA. *Forest Ecology and Management*, 223 : 255–266.
- Gillain, J. (1953).** Organisation et exploitation des élevages au Congo belge. Bruxelles : *Direction de l'Agriculture, des Forêts et de l'Élevage*, 352p.
- Gijsbers, H.J., Kessler, J.J., Knevel, M.K. (1994).** Dynamic and natural regeneration of woody species in farmed parklands in the Sahelian region (Province of Passoré, Burkina Faso). *Forest Ecology and Management* 64: 1-12.
- Hakizimana, P., Bangirinama, F., Havyarimana, F., Habonimana, B., Bogaert, J. (2011).** Analyse de l'effet de la structure spatiale des arbres sur la régénération naturelle de la forêt claire de Rumonge au Burundi. *Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature*, 9 : 46-52.
- Havyarimana, F. (2009).** Impact de la distribution spatiale sur la diversité végétale dans la Réserve Naturelle Forestière de Bururi au Burundi. *DEA*, ULB, Belgique, 55 p.
- Higgins, S., Bond, W. et Trollope, W. (2000).** Fire, resprouting and variability : a recipe for grass ± tree coexistence in savanna. *Journal of Ecology*, (88), 213–229
- Hubbell, S.P., Foster, R.B. (1986).** Biology, chance, and history and the structure of tropical rain forest tree communities. In: Community Ecology. Diamond J. & Case T.J. (Eds), *Harper and Row*, New-York, pp. 314-329.
- Iccn (2012).** Relance des activités d'aménagement forestier dans le domaine de chasse de Rubi Tele. *Rapport technique*, 17p.
- Janzen, D.H. (1970).** Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*, 104 :501–528.
- Katembo, W. (2013).** Etude floristique et structurale des forêts monodominantes à Gilbertiodendron dewevrei (De Wild.) J. Leonard sur sol périodiquement inondé et sur terre ferme à UMA (Province Orientale, RDC), *DEA (inédit)*, *Unikis, Fac. Sc.*, 49 p + Annexes.
- Katembo, E., Amani, C., Lejoly, J., Nshimba S.M. (2018a).** Organisation des populations de Limbali (Gilbertiodendron dewevrei) et leur dynamique de colonisation dans les forêts de la Cuvette Centrale Congolaise. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement Du Bassin Du Congo*, 10 : 36–44. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1215909>
- Katembo, E, Amani, C., Lejoly, J., Nshimba S.M. (2018b).** Diversity, structure and effect of rare species and relative abundance of the over-represented species on arborescent layers' diversity. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 13(2): 102-112.
- Kikvidze, Z., Pugnaire, F.I., Brooker, R.W., Choler, P., Lortie, C.J., Michalet, R., Callaway, R.M. (2005).** Linking patterns and processes in alpine plant communities: a global study. *Ecology* 86: 1395–1400.
- Kimponi, V., Loumeto, J. et Mizingou, J. (2013).** Dynamic of *Sacoglottis gabonensis* – *Aucoumea klaineana* couple in the Congolese coast Forest (Brazzaville – Congo). *International Research Journal of Biological Sciences; Int. Res. J. Biological Sci*, 2(7), 2278–3202.
- Legendre, L., Legendre, P. (1998).** Numerical ecology. *Elsevier, New York*. 853 pp.
- Loffeier, M.E. (1989).** Sylviculture et sylvigénèse en forêt sempervirente du Coorg (Sud-Ouest de l'Inde). Institut français de Pondichéry, *Travaux de la Section scientifique et technique*, tome XXVI, 211 p.
- Nathan, R., Muller-Landau, H.C. (2000).** Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology and Evolution*, 15: 278–285.

- Nicotra, A. B., Chazdon, R.L., Iriarte, S. V. (1999).** Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. *Ecology*, 80(6): 1908-1926.
- Oldman, R.A. (1983).** Tropical rain forests, architecture, *sylvigenesis and diversity*. Pp. 139–150.
- Ouédraogo, A., Thiombiano, A., Hahn-Hadjali, K., Guinko, S. (2006).** Structure du peuplement juvénile et potentialités de régénération des ligneux dans l’Est du Burkina Faso. *Études de la Flore et de la Végétation du Burkina Faso*, 10 :17-24.
- Pascal, J.P. (1995).** Quelques exemples de problèmes posés à l’analyste et au modélisateur par la complexité de la forêt tropicale humide. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 50 : 237-249.
- Raolinandrasana, L. (1996).** Etude de la régénération naturelle de Hintsy (*Intsia bijuga*) dans la forêt littorale de Tampolo-Fenoarivo, Atsinanana, Côte Est Malagasy, *DEA*, 63p.
- Sabongo, P. (2015).** Etude comparative de la structure et de la diversité des forêts à Gilbertiodendron dewevrei (De Wild.) j, léonard des régions de Kisangani et de l’Ituri (R.D. Congo), Université de Kisangani, *Thèse de doctorat (inérite)*, 173 p.
- Tabarant, P. (2007).** Stratégies de croissance en hauteur des jeunes arbres héliophiles en couvert dense tropical Ajustement du fonctionnement hydraulique et mécanique, *Université Pierre et Marie Curie, DEA*, 38p.
- Ter Steege, H., Sabatier, D., Castellanos, H., van Andel, T., Duivenvoorden, J., Adalardo de Oliveira A., Ek, R., Lilwah, R., Maas, P., Mori, S. (2000).** An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of Guiana Shield. *J. Trop. Ecol.*, 16: 801–828.
- Whitmore, T.C. (1991).** Tropical rain forest dynamics and its implications for management. In Gomez-Pompa, A., Whitmore, T.C., Hadley, M. (Eds.). *Rain forest regeneration and management*, pp. 67-89.

Méthode simplifiée pour la cartographie de l'occupation du sol en zone de montagne : cas du bassin versant de la Menoua (Région de l'Ouest-Cameroun)

Matsaguim N.C.A.¹, Tiomo Dongfack E.¹ et Ngoufo R.¹

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

DOI : <http://doi.org/10.5281/zenodo.3518832>

Résumé

En matière de cartographie des formes d'occupation du sol, les méthodes de classification d'images en télédétection tendent à se complexifier au fil des années. L'objectif principal de cette étude était de proposer une méthodologie de classification supervisée permettant de combiner différentes fonctions de classification qui soit facilement reproductible. Il s'est agi de l'approche classe par classe qui est une méthode de classification indirecte qui procède par étape successive. Elle s'est avérée bien supérieure aux démarches directes utilisant une seule fonction de classification dans le cas où l'hétérogénéité spatiale à l'échelle locale rend difficile la distinction entre différentes classes au sein de l'image satellitaire utilisée. C'est notamment le cas dans le bassin versant de la Menoua (Ouest-Cameroun) où

l'agriculture est la principale forme d'occupation des sols. Ainsi, l'efficacité de l'approche dépend de l'utilisation de différentes fonctions de classification, de différentes images et de masques à chaque étape selon la classe ciblée. Pour cela, il s'avère nécessaire d'utiliser des néocanaux en plus de l'image multispectrale et de sélectionner les fonctions qui semblent les plus performantes compte tenu du niveau de séparabilité interclasse. Une contrainte importante dans ce choix est la possibilité de pouvoir utiliser un masque. L'approche s'avère plus simple à mettre en œuvre comparativement à d'autres qui ont été proposées tout en garantissant des résultats satisfaisants comme ça été le cas dans la zone d'étude qui a été retenue pour cette étude.

Mots clés : Agriculture, Bassin-versant, Cameroun, Cartographie, Télédétection

Abstract

In remote sensing, the complexity of classification methodologies used to elaborate a cartography of land cover types tend to grow up over the time. The main objective of this study was to propose a supervised classification methodology to combine different classification functions that is easily reproducible. This was the class-by-class approach, which is an indirect classification method that proceeds step by step. It proved to be far superior to direct approaches using a single classification function in the case where spatial heterogeneity at the local scale makes it difficult to distinguish between different classes within the satellite image used. That was the case in the Menoua watershed located in the west region of Cameroun where

agriculture appeared to be the main land cover class. Thus, the precision of the results obtained by using the approach depends on the use of different classification functions, different images and masks at each step depending on the class targeted. For this, it is necessary to use neochannels in addition to the multispectral image and to select the functions that seem to perform best given the level of interclass separability. An important constraint in this choice is the possibility of using a mask. The approach is simpler to implement compared to others that have been proposed while ensuring satisfactory results as was the case in the study area that was selected for this study..

Keywords : Agriculture, Cameroon, Cartography, Remote sensing, Watershed

1. Introduction

Les images satellitaires issues des satellites d'observation de la Terre permettent de disposer des données indirectes dans des régions où ces données

sont absentes. Leurs acquisitions en continu et sur de larges espaces en font un moyen efficace pour le suivi des dynamiques spatiales et temporelles. Ces images trouvent des applications dans de très nombreux

domaines comme celui de l'agriculture où elles permettent d'établir une cartographie des différentes formes d'occupation du sol. La mise à disposition gratuite d'images de résolutions spatiale, radiométrique et temporelle différentes rend actuellement leur utilisation accessible au plus grand nombre. Cependant, si l'accessibilité a été rendue facile, l'extraction de l'information contenue dans ces données sous la forme de cartes ou de statistiques nécessite de recourir à des méthodes de classification d'image. Il est généralement question de regrouper chaque objet présent dans l'image suivant leur degré de similarité.

La segmentation d'une image satellitaire consiste à utiliser un algorithme ou une fonction de classification appropriée pour identifier et nommer les pixels qui représente une caractéristique particulière de l'occupation du sol (Richards J.A. et Jia X., 2006). A cet effet, il existe de nombreuses fonctions de classification (Li M. et al., 2014). Parmi les fonctions de classification les plus citées, il y a : le Maximum de Vraisemblance (ML) dont les performances dépendent principalement de la séparation entre les moyennes des différentes classes définies dans l'espace de décision (Ahmad A. et Quegan S., 2012), la Distance Minimum (MD) conçue comme une alternative au ML lorsque l'opération de classification vise à distinguer différents objets au sein d'une même classe comme par exemple différentes espèces végétales au sein d'une exploitation agricole (Wacker A.G. et Landgrebe D.A., 1972), la Distance de Mahalanobis (MHD) utile lorsque le problème des pixels mixtes se pose (Deer P.J. et Eklund P., 2003), ou le « Support Vector Machines » (SVM) qui se montrerait plus performant que le ML et la fonction des Réseaux de Neurones Artificiels (RNA) (Pal M. et Mather P.M., 2005).

Face à ce nombre important de fonctions de classification, des études comparatives ont été menées (Erbek E.S. et al., 2002 ; Al-Ahmadi F.S. et Hames A.S., 2009 ; Otukey J.R. et Blaschke T., 2010 ; Perumal K. et Bhaskaran R., 2010 ; Hogland J. et al., 2013). Il ressort de ces études que les performances des fonctions de classification dépendent du type d'image utilisé, du site étudié, de la date d'acquisition de l'image qui renvoie aux conditions atmosphériques, et de la définition des zones d'entraînement (Richards J.A. et Jia X., 2006). Une fonction de classification peut se révéler performante sur un site et pas sur un autre, sur une image et pas sur une autre. La cartographie des formes d'occupation du sol repose donc sur le choix de la fonction de classification

la plus appropriée. Cette étape est d'une importance capitale lorsque le site connaît une importante hétérogénéité spatiale des objets à la surface du sol : cas du site qui fait l'objet de ce travail.

Une seconde difficulté après le choix de la fonction de classification est liée au niveau de précision recherché. Elle détermine la résolution spatiale de l'image satellitaire à utiliser. A ce sujet, les initiatives de cartographie des types d'occupation du sol à l'échelle de l'Afrique privilégient jusqu'à présent deux approches. La première, moins précise, utilise des données fournies par des satellites à faible résolution spatiale (un kilomètre environ) mais à forte répétitivité (un ou plusieurs passages par jour) pour identifier les principaux biomes africains. Il s'agit par exemple des travaux de Tucker et al. (1985), Kaptué et al. (2011), Verhegghen et al. (2012), Vancutsem et al. (2013), Lambert et al. (2016), Waldner et al. (2016). Ces travaux utilisent des images satellitaires d'une résolution spatiale variant de 100 à 1000 m. Cependant, les cartographies obtenues présentent toutes des erreurs plus ou moins importantes compte tenu de la résolution spatiale de l'image et de l'hétérogénéité spatiale des objets à la surface du sol. La seconde, dans un souci de précision, utilise des données fournies par des satellites à haute résolution spatiale mais à faible répétitivité pour établir la cartographie détaillée du parcellaire agricole par exemple. C'est le cas des travaux de Chen J. et al. (2015) et de Cao X. et al. (2016). Ces auteurs parviennent à cartographier les surfaces cultivées à l'échelle globale pour les années 2000 et 2010 grâce aux images issues du capteur Landsat d'une résolution spatiale de 30 m. En dépit d'une précision de 92%, des erreurs demeurent notamment en zone de montagne, Comme le font remarquer Chen J. et al. (2015), un tel résultat n'a pu être possible que par l'intégration de différentes méthodes de classification car aucune des fonctions de classification (citées plus haut) prises individuellement ne peut assurer une classification de l'occupation du sol satisfaisante sur une surface aussi vaste portant des paysages complexes. Dès lors, dans le cas de figure où l'utilisation de différentes fonctions de classification prises individuellement ne parvient à produire un résultat satisfaisant même sur une surface réduite, il se pose la question de savoir comment les combiner. Chen J. et al. (2015) proposent une méthodologie de combinaison. Cependant celle-ci présente un niveau de complexité relativement important. Cette étude vise à proposer une méthodologie simplifiée de classification supervisée permettant de combiner différentes fonctions de

classification. Il s'agit d'une approche classe par classe qui peut s'avérer nécessaire lorsque l'hétérogénéité spatiale du milieu ne permet pas qu'une fonction de classification se montre performante pour classer les différentes formes d'occupation du sol retenues. C'est notamment le cas dans les zones montagneuses comme celle du bassin versant de la Menoua située sur les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun (HTOC).

2. Matériel et Méthodes

2.1.1. Zone d'étude

D'une superficie d'environ 68 200 ha (figure 1), le bassin versant de la Menoua qui s'étend entre 5° et 6° de latitude Nord est un milieu densément peuplé où l'agriculture est la principale activité économique (Ngoufo R., 1992 ; Ngoufo R. et al., 2001 ; Kaffo C., 2005 ; Kaffo C. et Fongang G., 2009 ; Lounang et al., 2014). Du fait de la densité, la superficie moyenne des parcelles agricoles est inférieure à 0,5 ha (MINEPAT, 2013). Sur le plan de la géomorphologie, il s'étend sur trois grands domaines

géomorphologiques d'amont en aval. La partie amont du bassin, de 1 700 m à 2 740 m d'altitude, est celui du mont Bamboutos qui est un massif volcanique aux pentes fortes (Déruelle B. et al., 1991). La partie centrale du bassin versant est une zone de plateaux et fait partie du plateau Bamiléké située entre 1 400 et 1 600 m d'altitude. La partie aval du bassin est une zone de plaine aux pentes faibles à nulles et au relief plat avec une altitude variant de 690 m à 2 740 m. Le réseau hydrographique est particulièrement dense. S'agissant de la géologie des monts Bamboutos, les trachytes et les basaltes sont les formations géologiques les plus répandues (Tématio P. et al., 2004 ; Momo M.N. et al., 2016). Le bassin versant connaît un régime pluviométrique monomodal avec un maximum en juillet-août et un minimum entre décembre et février (Suchel J.-B., 1988 ; 1972 ; Tsalefac M., 1983). La moyenne annuelle des précipitations est d'environ 1900 mm (Kengni L. et al., 2009) et la température moyenne est de 20,5°C à Dschang entre 1970 et 2009 (Matsaguim N.C.A., 2012).

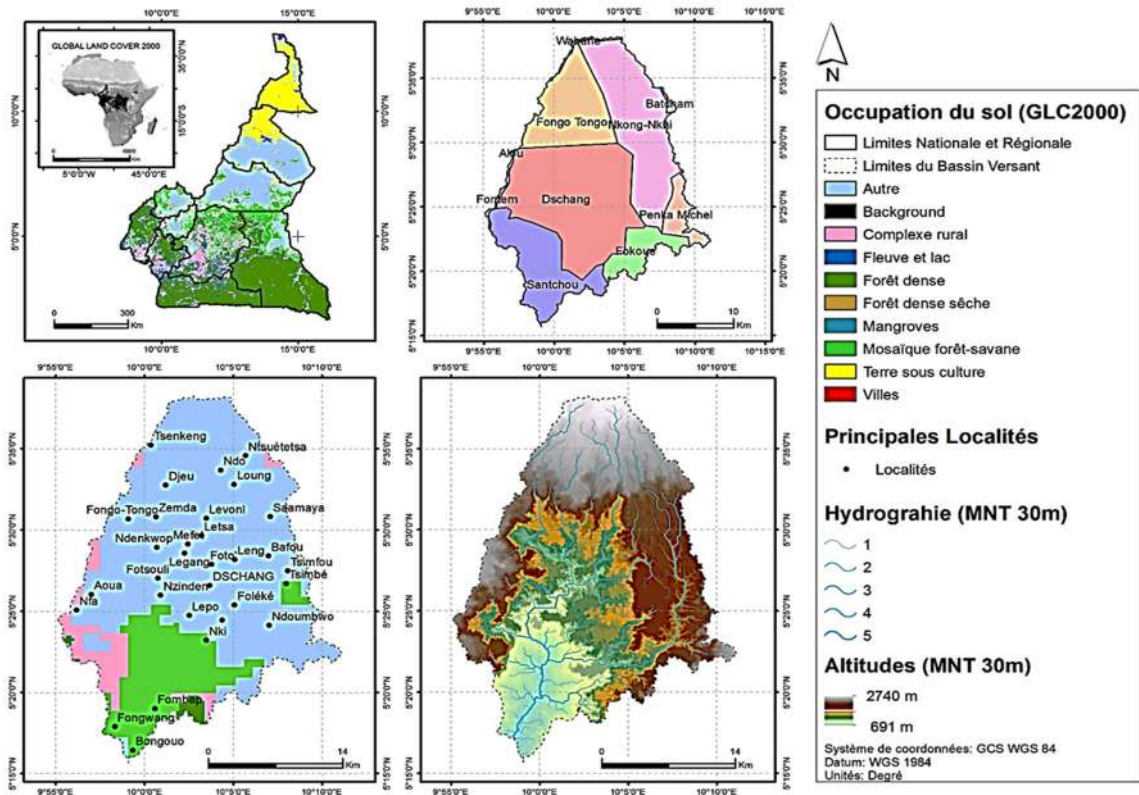


Planche 1 : Localisation du bassin versant de la Menoua (figure 1 : en haut à gauche), arrondissements faisant partie du bassin versant (figure 2 : en haut à droite), formes d'occupation du sol identifiées dans le bassin par le programme Global land cover 2000 (figure 3 : en bas à gauche), altitudes et hydrographie du bassin (figure 4 en bas à droite)

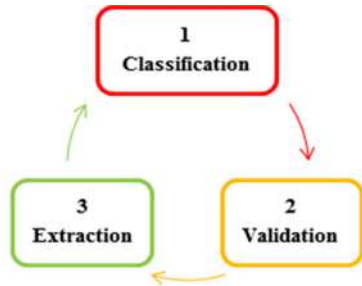


Figure 2 : Les étapes de l'approche de classification classe par classe

2.2. Matériels

L'image satellitaire du capteur Landsat 8 OLI acquise le 18 décembre 2014 sur notre zone d'étude (WRS_PATH = 186 et WRS_ROW = 56) fait partie des principaux matériels utilisés dans le cadre de cette étude. Seules les bandes multispectrales ont été utilisées pour la classification.

2.3. Méthodes de traitement

2.3.1. L'approche de classification classe par classe

La méthode de traitement utilisée dans le cadre de cette étude s'inspire de celle de classification binaire et de celle hiérarchique décrite par Chen J. et al. (2015). L'approche binaire consiste à regrouper les pixels de l'image en deux classes distinctes (Richards J.A. et Jia X., 2006). Elle présente le désavantage d'être peu appropriée lorsque la classification concerne plus de deux classes. Nous avons utilisé une approche dite classe par classe qui consiste à reprendre l'opération de classification sur la même image (ou pas) en prenant le soin de masquer la classe qui aura été correctement classifiée lors de la classification précédente. Il peut s'agir de plusieurs classes. C'est là l'une des différences fondamentales avec l'approche binaire classique. La seconde différence fondamentale repose sur le fait qu'il est possible d'utiliser une fonction de classification différente à chaque étape. Le choix de la fonction de classification utilisée dépendra de la performance des différentes fonctions après chaque opération de classification. Il s'agit dès lors d'une démarche par étape telle que l'illustre la figure 2.

Contrairement à l'approche hiérarchique (Chen J. et al., 2015), l'approche de classification classe par classe présente l'avantage d'être plus simple à mettre en œuvre tout en garantissant au final un niveau de précision assez élevé dans des contextes de très forte

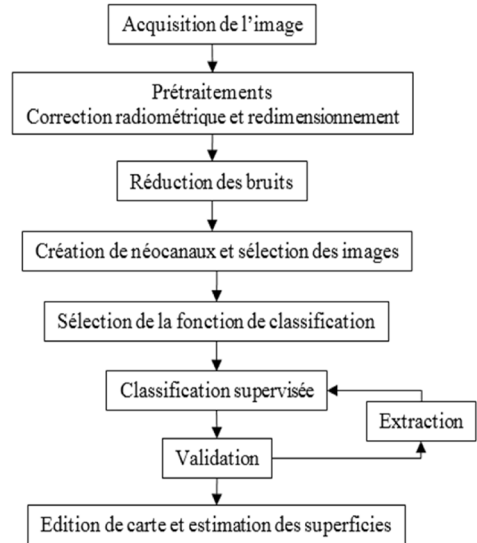


Figure 3 : Chaîne de traitement de l'image satellitaire

hétérogénéité spatiale. Toutefois, elle requiert que l'opération de validation pour la matrice de confusion s'intéresse uniquement à la précision individuelle et non globale. Ainsi, le critère de validation n'est plus l'indice de Kappa, mais les erreurs de commission et d'omission (Richards J.A. et Jia X., 2006).

2.3.2. Etapes de traitement de l'image Landsat 8

La figure 3 présente la chaîne de traitement suivie pour la classification de l'image. L'image originale a ainsi été prétraitée afin de corriger les erreurs dues aux conditions atmosphériques et géométriques. Par la suite, il a été créé un certain nombre d'images de synthèse appelées néocanaux. Il s'agit d'images obtenues à partir d'opérations algébriques effectuées sur l'image prétraitée et qui permettent de clairement mettre en évidence certaines caractéristiques de l'image (Richards J.A. et Jia X., 2006). La phase de création de néocanaux a conduit à la constitution de quatre groupes d'images. Le premier correspond à l'Image multispectrale corrigée (IMC_IMG). Le deuxième comprend les images issues des opérations de transformation (PCA_IMG) et (MNF_IMG). Le troisième est constitué d'indices de végétation et d'humidité (VEG_IMG). Le quatrième groupe d'image est celui qui cherche à distinguer la végétation des surfaces artificielles. Une fois ces néocanaux créés, nous avons procédé à la sélection des groupes d'images qui seront utilisés lors de la phase de classification.

Tableau 1 : Coefficient de séparabilité des ROIs par image et par paire de classe

Paires de classes d'objets	MNF_IMG	PCA_IMG	IMC_IMG	VEG_IMG	Ratio_IMG
Bâtiments et Sols Bétonnés	1,493	1,493	1,393	1,278	1,184
Cultures et Sols Bétonnés	1,564	1,564	1,531	1,363	1,171
Cultures et Végétation Naturelle	1,767	1,767	1,713	1,454	1,590
Bâtiments et Cultures	1,865	1,865	1,825	1,863	1,808
Cultures et Sols Nus	1,895	1,895	1,851	1,796	1,775
Sols Bétonnés et Eau	1,917	1,917	1,899	1,886	1,963
Bâtiments et Sols Nus	1,946	1,947	1,893	1,839	1,699
Sols Bétonnés et Sols Nus	1,956	1,956	1,925	1,835	1,765
Sols Bétonnés et Végétation Naturelle	1,982	1,982	1,976	1,893	1,944
Bâtiments et Eau	1,992	1,992	1,986	1,973	1,990
Bâtiments et Végétation Naturelle	1,996	1,996	1,994	1,999	1,999
Cultures et Eau	1,999	1,999	1,999	1,975	1,975
Végétation Naturelle et Eau	1,999	1,999	1,999	1,999	1,999
Sols Nus et Végétation Naturelle	1,999	1,999	1,999	1,999	1,999
Sols Nus et Eau	1,999	1,999	1,999	1,991	1,994
Moyenne	1,892	1,892	1,866	1,810	1,791
Ecart-type	0,162	0,162	0,185	0,242	0,280

Le choix entre l'un de ces groupes d'images a reposé sur l'analyse d'un indice permettant de juger de la séparabilité interclasse appelé « ROI Separability » et le calcul de deux paramètres statistiques à savoir: la moyenne et l'écart-type. Ces indices sont obtenus à partir du logiciel ENVI version 5.1. Les catégories d'images retenues pour effectuer la classification sont celles qui ont eu la moyenne la plus élevée et l'écart-type le plus faible, ce qui traduit une séparabilité interclasse relativement élevée et stable dans l'ensemble. Cependant, par défaut, l'image IMC_IMG a été utilisée. Pour la classification, 6 classes principales de formes d'occupation du sol ont été retenues. Il s'agit des bâtiments, sols artificiels (asphalte et béton), sols nus, cultures annuelles, végétation naturelle (forêts et autres), eau libre (cours d'eau et retenues artificielle/naturelles). Le tableau 1 présente les valeurs obtenues à la suite du calcul du « ROI separability » sur les quatre catégories d'images. L'ordre des paires de classes, ainsi que celui entre les différentes catégories d'images est croissant et obéit à celui de la catégorie d'image dont les paramètres statistiques remplissent le critère de sélection. Les groupes d'images MNF_IMG, PCA_IMG et IMC_IMG sont celles qui assurent une meilleure séparabilité des objets et probablement assureront une meilleure classification.

Le choix des fonctions de classification à utiliser lors de l'étape de classification s'est appuyé sur la définition d'un critère de sélection permettant de juger la performance globale de chacune. Seules celles qui remplissaient ce critère ont été retenues. Pour cela, nous avons distingué 2 groupes de fonctions de classification supervisée ; celles qui utilisent comme critère de classification la distance ou l'écart-type et celles qui utilisent un seuil de probabilité. Pour le premier groupe de fonctions de classification, nous avons retenu un écart-type égal à 1,000 ; tandis que pour le second groupe, nous avons retenu le seuil de probabilité de 90%. La fonction de classification retenue a été celle qui possède le Pourcentage de Pixels Non Classifié (PPNC) le plus bas et l'indice de Kappa le plus élevé en ce qui concerne la précision de la classification. Parmi toutes les fonctions de classification supervisée proposées dans le logiciel ENVI 5.1, soit 9 au total, les fonctions SVM (Support Vector Machines) et RNA (Réseaux de Neurones Artificiels) sont celles qui remplissent le critère de sélection. Leur précision est plus importante sur le groupe d'image PCA_IMG et MNF_IMG respectivement comparativement à l'image IMC_IMG. Cependant, nous avons retenu la fonction RNA, car elle présente cet avantage sur la fonction SVM qu'elle permet d'utiliser des masques ; ce qui est indispensable pour l'application de l'approche classe par classe.

Tableau 2 : Résultats de la matrice de confusion pour la végétation naturelle

Classes	Commission (%)	Omission (%)	P Précision (%)	U Précision (%)
Bâtiments	68,02	27,65	72,35	31,98
Cultures	22,26	46,96	53,04	77,74
Sols Nus	51,91	4,65	95,35	48,09
Eau	69,81	0	100	30,19
Sols Bétonnés	33,15	77,31	22,69	66,85
Végétation Naturelle	0,07	1,54	98,46	99,93

Tableau 3 : Résultats de la matrice de confusion pour les sols nus

Classes	Commission (%)	Omission (%)	P Précision (%)	U Précision (%)
Bâtiments	61,55	19,33	80,67	38,45
Cultures	3,69	51,17	48,83	96,31
Sols Nus	45,76	6,98	93,02	54,24
Eau	5,13	22,92	77,08	94,87
Sols Bétonnés	21,52	63,61	36,39	78,48

3. Résultats

3.1 Extraction des différentes classes

La fonction RNA a été utilisée avec un critère de sélection de 0,5 pour permettre un pourcentage de pixels classifiés supérieur à 80%. Les différentes classes d'occupation du sol dans notre zone d'étude ont été extraites les unes après les autres suivant une procédure en cinq étapes. L'erreur de commission et l'erreur d'omission ont été utilisées comme critère de validation. Ce sont ces deux types d'erreurs qui permettent de déduire le niveau de précision de chacune des classes (tableaux 2-6). Idéalement, une classe est jugée classée de façon satisfaisante lorsque chacune de ces erreurs (Commission (%) et Omission (%)) est proche de 0. Idéalement, une classe est jugée classée de façon satisfaisante lorsque chacune de ces erreurs est proche de 0. Nous avons recherché sur chacune des trois groupes d'images retenues celle qui donnait le meilleur résultat.

1^{ère} étape – extraction de la végétation naturelle sur l'image MNF_IMG

Parmi ces trois groupes d'images, l'image MNF_IMG a permis de classer la végétation naturelle avec des niveaux d'erreurs de commission et d'omission quasiment nuls (tableau 2). Cela permet d'obtenir des niveaux de précision de 98,46% pour le premier type de précision ou « Producer's accuracy » que nous avons dénommé (P Précision), et de 99,93% pour le second type de précision ou « User accuracy » que nous avons

dénommé (U Précision). Cette image donne un excellent résultat dans la détection de la végétation naturelle. La classe de la végétation naturelle extraite est présentée à la figure 4. Il est à noter que les six premières bandes de cette image ont été utilisées. Dans notre zone d'étude, cette végétation naturelle recouvre principalement la flore se développant sur les sols hydromorphes des fonds de vallées. Cette image permet également de distinguer les cultures, mais sa faible capacité quant à distinguer l'eau et les sols nus la rend inadéquate pour distinguer les cultures. La végétation naturelle a donc été extraite de l'image classifiée puis utilisée comme masque lors de la deuxième étape.

2^e étape – Extraction des sols nus sur l'image IMC_IMG

L'image IMC_IMG s'est révélée être la plus appropriée pour extraire les sols nus comme l'indique le tableau 3. Elle semble également appropriée pour discerner l'eau, mais à l'examen de l'image classifiée, nous avons observé une importante source d'erreur dans la partie aval du bassin versant (figure 1). Les zones d'ombres du fait du relief sont classées comme étant de l'eau. En utilisant l'image multispectrale, il s'est avéré particulièrement difficile de distinguer les sols nus des cultures et de l'eau. Cette difficulté à distinguer avec une bonne précision les sols nus des cultures, même après avoir masqué la végétation naturelle pourrait s'expliquer si l'on tient compte du calendrier agricole local qui a un impact important

Tableau 4 : Résultats de la matrice de confusion pour l'eau

Classes	Commission (%)	Omission (%)	P Précision (%)	U Précision (%)
Bâtiments	58,00	14,90	85,10	42,00
Cultures	0,00	54,67	45,33	100,00
Eau	1,19	13,54	86,46	98,81
Sols Bétonnés	19,06	56,03	43,97	80,94

Tableau 5 : Résultats de la matrice de confusion pour les cultures

Classes	Commission (%)	Omission (%)	P Précision (%)	U Précision (%)
Bâtiments	55,12	16,31	83,69	44,88
Cultures	1,56	11,68	88,32	98,44
Sols Bétonnés	2,45	47,50	52,50	97,55

Tableau 6 : Résultats de la matrice de confusion pour les Bâtiments et les sols bétonnés

Classes	Commission (%)	Omission (%)	P Précision (%)	U Précision (%)
Bâtiments	29,99	26,52	73,48	70,01
Sols Bétonnés	10,05	11,70	88,30	89,95

sur les états de surface. En effet, le mois de décembre marque la fin de la seconde saison culturale et le début de la troisième qui est principalement consacrée aux cultures maraichères. La couverture végétale des sols cultivés est minimale et sa réflectance est alors proche de celle des sols nus.

De plus, dans la mesure où les cultures maraichères sont exigeantes en eau, elles sont pratiquées préférentiellement dans les zones inondables aux abords des cours d'eaux. En outre, le mois de décembre marque le début de la saison sèche à l'échelle locale (Tsalefac M., 1983 ; Kaffo C., 2005; Kaffo C. et Fongang G., 2009 ; Lounang et al., 2014).

L'extraction des bandes du visible de l'image multispectrale au moment de la classification nous a donc permis de réduire significativement les erreurs de commission, Il a été possible d'obtenir une classe des sols nus avec une très faible erreur d'omission, mais en revanche une importante erreur de commission. La précision est cependant légèrement meilleure que celle obtenue à la première étape (tableau 2). La classe des sols nus extraite est présentée à la figure 4.

3^e étape – Extraction de l'eau sur l'image PCA_IMG

L'image PCA_IMG s'est avérée appropriée pour distinguer l'eau des cultures. La classification menée sur l'image PCA_IMG sur laquelle la végétation naturelle et les sols nus ont été masquées permet d'obtenir les niveaux de précision les plus élevés

pour l'eau (tableau 4). L'erreur de commission est négligeable, mais l'erreur d'omission reste supérieure à 10%. Toutefois, il faut relever que s'agissant de la distinction entre l'eau et les sols bétonnés dans la partie aval du bassin versant, elle est limitée et la classification surestime les sols bétonnés le long du lit du cours d'eau. La classe de l'eau extraite est présentée à la figure 4.

4^e étape - Extraction des cultures sur l'image IMC_IMG

Sur l'image multispectrale IMC_IMG, l'utilisation des bandes 4, 5, 6 et 7 pour classifier les cultures donne des niveaux de précision de l'ordre de 88 à 98% (tableau 5). Tout particulièrement, l'erreur de commission est négligeable. L'erreur d'omission s'explique par la difficulté à distinguer les cultures des anciens bâtiments dans la partie aval du bassin versant. Sa topographie est marquée par une dénivellation de près de 700 m d'altitude entre le plateau Bamiléké et la plaine des Mbos (planche 1). Cette topographie est à l'origine d'une humidité de l'air importante en toute saison (Suchel J.-B., 1988). Les conditions topographique et climatique dans cette partie du bassin versant de la Menoua semblent expliquer pourquoi les erreurs y sont les plus fréquentes. Cependant, l'utilisation du masque combinant la végétation naturelle, les sols nus et l'eau permet d'améliorer la distinction. La classe des cultures extraite est présentée à la figure 4.

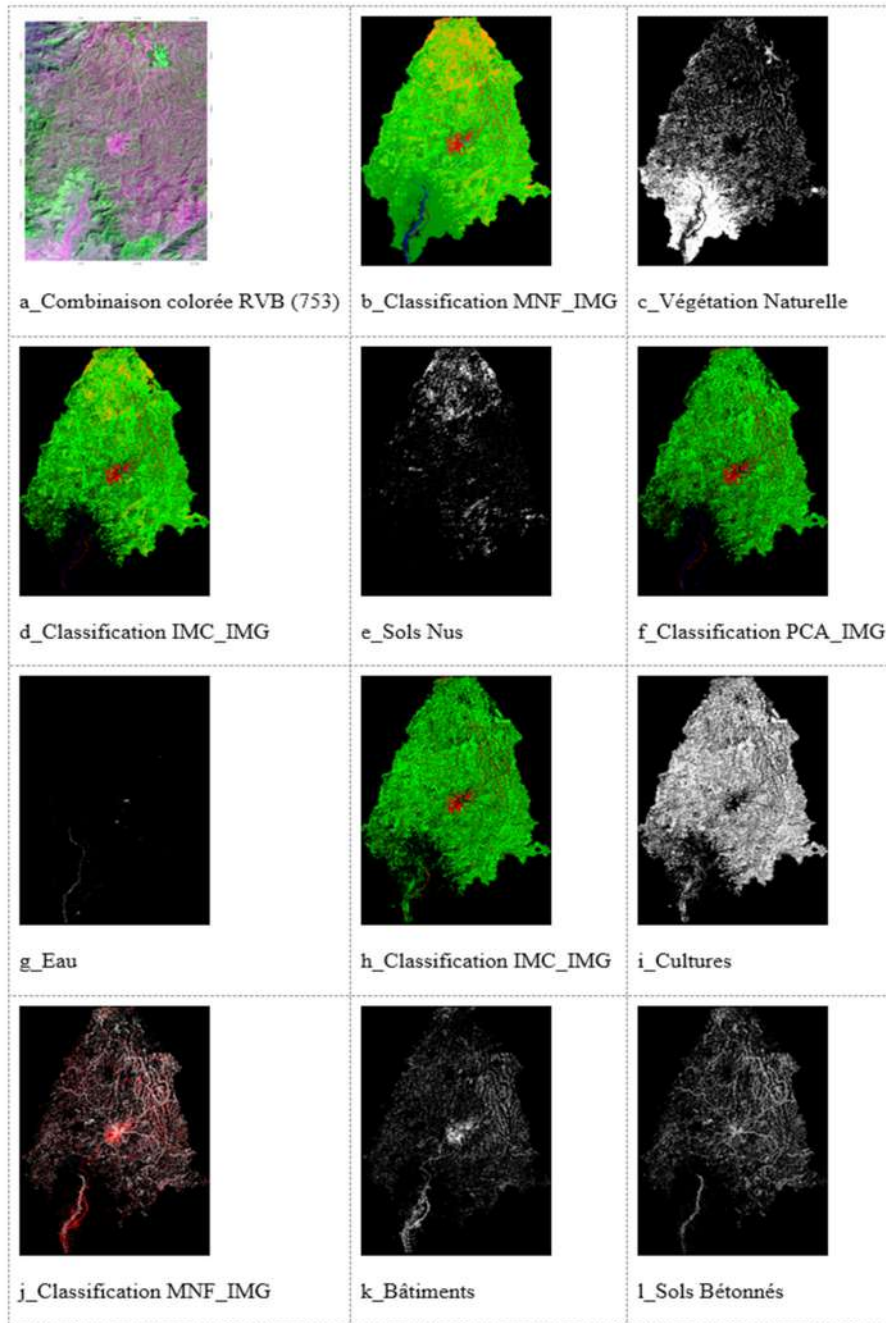


Photo 1 : Extraction des différentes classes à partir des différentes images classifiées

5^e étape – Extraction des bâtiments et des sols bétonnés sur l'image MNF_IMG

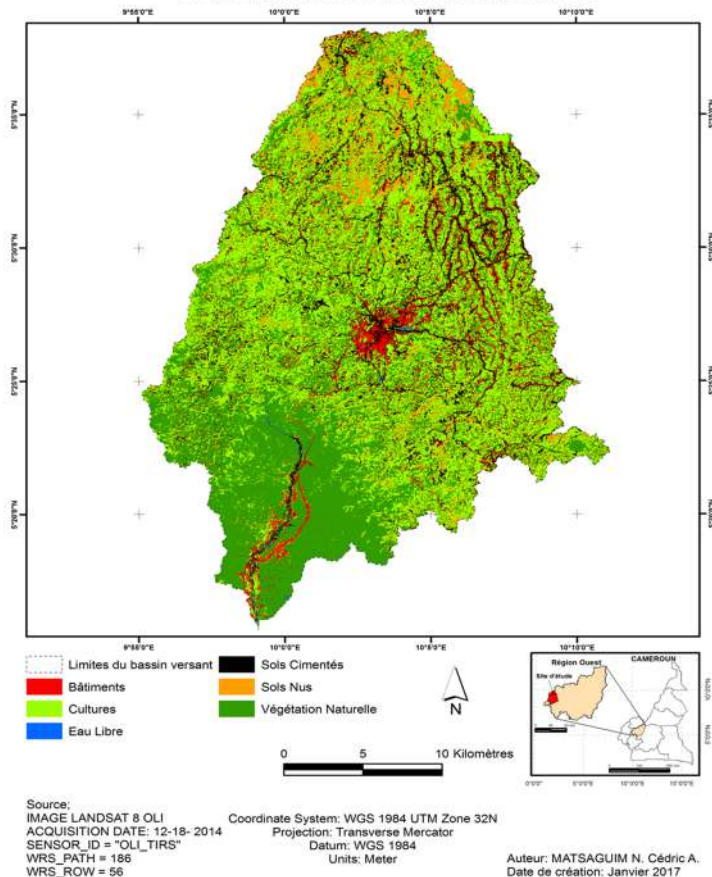
La confusion qui existe entre les bâtiments et les sols bétonnés rend la distinction entre ces deux classes difficile en dépit de l'utilisation des masques. Grâce aux bandes 6, 5 et 7 de l'image MNF_IMG, nous

sommes parvenus à une distinction acceptable entre ces deux classes (tableau 6). En général, la confusion intervient entre les zones d'urbanisation récente et les sols bétonnés autant dans la partie amont du bassin versant que dans sa partie aval. Les classes des bâtiments et des sols bétonnés extraites sont présentées à la figure 4.

Tableau 7 : Statistiques de l'occupation du sol dans le bassin versant de la Menoua en 2014

N° Classes	Noms des classes	Superficie (ha)	P Précision (%)	U Précision (%)	Site (%)
1	Bâtiments	4813	73,48	70,01	7,06
2	Cultures	33369	88,32	98,44	48,93
2	Sols Bétonnés	7091	88,30	89,95	10,40
4	Sols Nus	3543	93,02	54,24	5,20
5	Végétation Naturelle	19343	98,46	99,93	28,35
6	Eau	101	86,46	98,81	0,15
	Total	68263			100
	Moyenne		88,01	85,23	

Occupation du sol dans le bassin versant de la Menoua
Classification numérique à partir de l'Image Landsat 8



Carte 1 : Occupation du sol dans le bassin versant de la Menoua en décembre 2014

3.2 Recomposition de l'image classifiée, validation et interprétation

Une fois les différentes classes extraites les unes après les autres, nous les avons recombinaées afin de

reconstituer l'image entière. La carte 1 présente le résultat final de la classification supervisée. Son degré de précision générale est en moyenne de 88% pour l'erreur de commission et de 85% pour celui d'omission (tableau 7). Autrement dit, pour l'ensemble des classes retenues, l'erreur moyenne de commission est de 12% et celle d'omission est de 15%. Toutefois, il est possible de discerner sur le tableau 7 les classes les mieux classifiées et celles qui le sont moins. L'approche adoptée nous permet d'obtenir un résultat assez satisfaisant compte tenu de l'hétérogénéité spatiale du milieu.

Il nous est possible de procéder à une interprétation des résultats de la classification. Le bassin versant de la Menoua est principalement dominé par les cultures (plus de 70% de sa superficie est mis en valeur (tableau 7). Les cultures ou terres agricoles recouvrent à elles seules environ 49 % du bassin versant, soit quasiment la moitié de l'espace disponible. L'essentiel du couvert végétal naturel se concentre dans sa partie aval. La végétation naturelle ne subsiste plus que dans les fonds de vallées, notamment dans ses parties centrale et amont (carte 1).

Toutefois, elle est également menacée de disparition à cause du développement des cultures maraichères. Cette activité se pratique préférentiellement dans

Tableau 8 : Degré de précision obtenu en utilisant individuellement les fonctions de classification Distance Minimum (MD) et Distance de Mahalanobis (MHD)

N° Classes	Noms des classes	MD		MHD	
		P Précision (%)	U Précision (%)	P Précision (%)	U Précision (%)
1	Bâtiments	75,11	55,03	33,39	22,01
2	Cultures	24,56	41,1	56,02	64,95
2	Sols Bétonnés	29,13	71,04	48,17	55,06
4	Sols Nus	86,53	11,09	93,54	60,89
5	Végétation Naturelle	89,5	89,05	89,28	98,01
6	Eau	17,06	48,01	0	0
	Moyenne		52,55		50,15

Tableau 9 : Degré de précision obtenu en utilisant individuellement les fonctions de classification Maximum de Vraisemblance (ML) et Support Vector Machine (SVM)

N° Classes	Noms des classes	ML		SVM	
		P Précision (%)	U Précision (%)	P Précision (%)	U Précision (%)
1	Bâtiments	82,44	22,56	79,98	34,32
2	Cultures	38,38	33,04	36,01	46,89
2	Sols Bétonnés	33,85	76,89	33,2	85,95
4	Sols Nus	93,88	92,99	94,99	33,02
5	Végétation Naturelle	16,95	100	88,95	87,97
6	Eau	80,01	97,73	94,26	85,06
	Moyenne		70,54		62,20

les zones de fonds de vallées afin de faire face aux problèmes d'eau que connaît la région tant du fait de sa disponibilité que de celui de son utilisation (Dongmo J.-L., 1986 ; Kaffo C. et Fongang G., 2009 ; Tsalefac M., 2011).

4. Discussion

4.1. Comparaison avec les résultats obtenus à partir des fonctions de classification utilisant la distance comme critère de classification

La précision moyenne de notre résultat est de l'ordre de 85% si nous retenons comme indicateur de précision le « User Accuracy » comme le suggère Richards J.A. et Jia X. (2006). Cependant, durant l'étape de classification, nous avons pu distinguer trois principales sources de confusion entre les classes en dépit de l'utilisation des masques. La première apparaît entre les bâtiments, les sols bétonnés et les sols nus. Leurs réflectances sont assez comparables du fait de la présence dans la zone d'étude de bâtiments anciens et de bâtiments récents. La deuxième apparaît entre les sols bétonnés et l'eau précisément dans la partie aval du bassin versant du

fait des conditions atmosphériques qui n'ont pu être totalement éliminées lors de la phase de prétraitement. La troisième source de confusion apparaît entre les cultures, l'eau et les sols nus. Compte tenu de la période d'acquisition de l'image, les sols nus sont la classe qui a été la moins bien classée.

En comparant nos résultats avec ceux obtenus en utilisant individuellement l'une des fonctions de classification prenant en compte la distance comme critère de regroupement, nos résultats sont nettement supérieurs. Nous ne présentons ici que les résultats de la validation obtenus pour les fonctions MD et MHD car, ce sont elles qui donnent les meilleurs résultats dans cette catégorie. Nous pouvons constater en examinant le tableau 8 que la précision des résultats obtenus avec ces fonctions est seulement de l'ordre de 50% (U Précision). En dehors de la végétation naturelle qui obtient des degrés de précision de plus ou moins 90%, toutes les autres classes ont des degrés de précision insatisfaisants. Cela signifie que les erreurs en termes de commission ou d'omission y sont assez importantes. Le cas de la distinction des surfaces d'eau est le plus

Tableau 10 : Degré de précision obtenu en utilisant individuellement la fonction de classification des Réseaux de Neurones Artificiels (RNA)

N° Classes	Noms des classes	P Précision (%)	U Précision (%)
1	Bâtiments	75,56	39,98
2	Cultures	27,03	51,91
2	Sols Bétonnés	50,01	86,05
4	Sols Nus	93,98	50,00
5	Végétation Naturelle	93,01	87,19
6	Eau	92,17	81,21
	Moyenne	71,96	66,06

évident. Cela est dû à la grande confusion qui existe entre cette classe et celle de cultures notamment dans la partie aval du bassin versant.

4.2. Comparaison avec les résultats obtenus à partir des fonctions de classification utilisant un seuil de probabilité comme critère de classification

La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus en utilisant individuellement l'une des fonctions de classification prenant en compte un seuil de probabilité comme critère de regroupement, permet également de constater que notre approche par étape donne de bien meilleurs résultats. Nous ne présentons ici que les résultats de la validation obtenus pour les fonctions ML et SVM. En effet, ce sont elles qui donnent les meilleurs résultats dans cette catégorie. L'on peut constater en examinant le tableau 9 que la précision des résultats obtenus avec ces fonctions est de l'ordre de 60 à 70% (U Précision). La fonction ML semble donner les meilleurs résultats. Cependant, il est important de constater qu'elle n'est véritablement performante que sur deux classes à savoir: les sols nus et l'eau en raison du fait qu'ici, les deux indicateurs de précision sont assez élevés. Le cas de la végétation naturelle est trompeur car si les erreurs d'omission sont nulles, celles de commission sont trop importantes. En ce qui concerne la fonction SVM, la végétation naturelle et l'eau sont les classes qui sont les plus précises.

4.3. Comparaison avec les résultats obtenus à partir de la fonction de classification des Réseaux de Neurones Artificiels (RNA)

Il est également intéressant de comparer notre résultat avec celui obtenu par une approche directe utilisant la fonction de classification RNA. Rappelons que c'est cette fonction qui a été utilisée dans notre approche classe par classe. Toutefois, il faudrait noter qu'il

aurait été tout à fait possible d'utiliser différentes fonctions à chaque étape de la classification. Dans le cas d'une approche directe, nous pouvons constater en examinant le tableau 10 que la précision des résultats obtenus avec cette fonction est d'environ 66% (U Précision). Par conséquent en procédant par une approche indirecte, notre approche permet une amélioration significative du degré de précision générale de la classification en utilisant les mêmes images et les zones d'entraînement pour l'étape de classification et les mêmes zones de test pour celle de la validation.

5. Conclusion

En définitive, la démarche de classification adoptée dans le cadre de ce travail nous a permis d'améliorer significativement les résultats obtenus par une méthode directe utilisant une seule fonction de classification. Elle présente l'avantage d'être simple à mettre en œuvre comparativement à la méthode hiérarchique développée par Chen J. et al., (2015). Elle est donc facilement reproductible par tous sans pour autant que cette relative simplicité n'implique une perte en précision. Comme nous l'avons indiqué dans la méthodologie, cette précision dépend premièrement de la définition de critères de sélection des fonctions de classification mais également de la définition des zones d'entraînement et de test. Cette étape est fondamentale. De même, il peut s'avérer utile d'utiliser différentes images lors du processus de classification selon le type d'objet que nous souhaitons distinguer. En contrepartie de la relative simplicité, l'approche présente le désavantage d'être fastidieuse en termes de temps d'analyse. En effet, elle requiert de nombreuses répétitions et peut s'avérer très longue dans le cas où le nombre de classes à définir est très important ; une vingtaine ou plus par exemple. Elle montre tout son intérêt tout particulièrement dans le

cas où l'hétérogénéité spatiale à l'échelle locale rend difficile la distinction entre différentes classes dans le cas d'une approche directe.

Bibliographie

Ahmad, A., Quegan, S. (2012). Analysis of Maximum Likelihood Classification on Multispectral Data, *Applied Mathematical Sciences*, Vol. 6, No.129, 6425 – 6436.

Al-Ahmadi, F.S., Hames, A.S. (2009). Comparison of Four Classification Methods to Extract Land Use and Land Cover from Raw Satellite Images for Some Remote Arid Areas, Kingdom of Saudi Arabia, JKAU; *Earth Sci.*, Vol. 20, No.1, 167-191.

Cao, X., Chen, X.H., Zhang, W.W., Liao, A.P., Chen, L.J., Chen, Z.G., Chen, J. (2016). Global cultivated land mapping at 30 m spatial resolution, *Science China Earth Sciences*, Vol. 59, 2275–2284. DOI: 10.1007/s11430-015-8291-2

Chen, J., Chen, J., Liao, A.P., Cao, X., Chen, L.J., Chen, X.H., He, C.Y., Han, G., Peng, S., Lu, M., Zhang, W.W., Tong, X.H., Mills, J. (2015). Global land cover mapping at 30 m resolution: A POK-based operational approach, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 103, 7-27. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2014.09.002

Deer, P.J., Eklund, P. (2003). A study of parameter values for a Mahalanobis Distance fuzzy classifier, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 137, 191 – 213.

Déruelle, B., Moreau, C., Nkoumbou, C., Kambou, R., Lissom, J., Njonfang, E., Ghogomu, R.T., Nono, A. (1991). The Cameroon Line: a review, in: Kampunzu, A.B., Lubala, R.T. (eds.), *Magmatism in Extensional Structural Settings The Phanerozoic African Plate*, Berlin, *Springer*, 274–327.

Dongmo, J.L. (1986). Aménagement et mise en valeur des grands bas-fonds aux sols hydromorphes en Pays Bamiléké, in: Kadamura, H. (ed.), *Geomorphology and Environmental Changes in Tropical Africa, Cameroun*, 95–106.

Dongmo, J.L. (1981). Le dynamisme Bamiléké (Cameroun). Volume I : la maîtrise de l'espace agraire, Yaoundé, *CEPER*.

Dongmo, J.L. (n.d.). Typologie de l'agriculture camerounaise. Essai d'application à l'Afrique noire de la méthode statistico-graphique du professeur Kostrowicki, 19-40.

Dubreuil, V. (1993). Télédétection et cartographie

à petite échelle des paysages de la France de l'ouest, *Mappemonde*, Vol. 2, 18-21.

Erbek, E.S., Özkan, C., Taberner, M. (2002). Comparison of maximum likelihood classification method with supervised artificial neural network algorithms for land use activities, *INT. J. REMOTE SENSING*, Vol. 25, No.9, 1733–1748. DOI: 10.1080/0143116031000150077

Hogland, J., Billor, N., Anderson, N. (2013). Comparison of standard maximum likelihood classification and polytomous logistic regression used in remote sensing, *European Journal of Remote Sensing*, Vol. 4, 623-640. DOI: 10.5721/EuJRS20134637

Kaffo, C., Fongang, G. (2009). Les enjeux agricoles et sociétaux de l'eau sur les monts Bamboutos (Cameroun), *Cahiers Agricultures*, Vol. 18, No.1, 17-25.

Kaffo, C. (2005). Cultures maraîchères dans les montagnes du Cameroun occidental, *Cahiers Agricultures*, Vol. 14, No.6, 517-524.

Kaptué, T.A.T., Roujean, J.L., De Jong, S.M. (2011). Comparison and relative quality assessment of the GLC2000, GLOBCOVER, MODIS and ECOCLIMAP land cover data sets at the African continental scale, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 13, 207–219.

Kengni, L., Tekoudjou, H., Tematio, P., Pamo, Tedongkeng, E., Tankou, C.M., Lucas, Y., Probst, J.L. (2009). Rainfall Variability along the Southern Flank of the Bambouto Mountain (West-Cameroon), *Journal of the Cameroon academy of sciences*, Vol. 8, No.1, 45-52.

Lambert, M.-J., Waldner, F., Defourny, P. (2016). Cropland Mapping over Sahelian and Sudanian Agrosystems: A Knowledge-Based Approach Using PROBA-V Time Series at 100-m, *Remote Sensing*, Vol. 8, 232. DOI:10.3390/rs8030232

Li M., Zang, S., Zhang, B., Li, S., Wu, C. (2014). A Review of Remote Sensing Image Classification Techniques: the Role of Spatio-contextual Information, *European Journal of Remote Sensing*, Vol. 47, 389-411. DOI: 10.5721/EuJRS20144723

Loungang, Tchatchouang, F.C., Djamfa, R.C., Youta, Hapi, J., Tchawa, P., Grozavu, A. (2014). Expansion des cultures de contre-saison, changements d'utilisation du sol et les implications environnementales dans les paysanneries de l'ouest-Cameroun, *SCIENTIFIC ANNALS OF "AI. I. CUZA" UNIVERSITY OF IASI*, Vol. LX, No.2, 41-57. <http://dx.doi.org/10.15551/scigeo.v60i2.316>.

- Matsaguim, Nguimdo, C.A. (2012).** Variabilité climatique et adaptation de l'agriculture vivrière de subsistance dans le groupement Foto de l'arrondissement de Dschang (hautes terres de l'ouest-Cameroun), *Mémoire de Master géographie, Université de Yaoundé I.*
- MINEPAT (2013).** Document de stratégie de développement du secteur rural. Etat des lieux et diagnostic du secteur rural au Cameroun, Cameroun.
- Momoa, M.N., Yemefack, M., Tematio, P., Beauvais, A., Ambrosi, J.-P. (2016).** Distribution of duricrusted bauxites and laterites on the Bamiléké plateau (West Cameroon): Constraints from GIS mapping and geochemistry, *Catena*, Vol. 140, 15-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.010>
- Ngoufo, R., Tsalefac, M., Kuété, M. (2001).** Les monts Bamboutos (Sud-Ouest du Cameroun) face à la déprise caféière : les enjeux socio-économiques d'une montagne tropicale humide, *Espaces Tropicaux*, No.160, 519-530.
- Ngoufo, R. (1992).** The Bamboutos Mountains: Environmental and rural land use in West Cameroon, *Mountain Research and Development*, Vol. 12, No.4, 349-356.
- Otukei, J.R., Blaschke, T. (2010).** Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 12S, S27-S31. DOI:10.1016/j.jag.2009.11.002
- Pal, M., Mather, P.M. (2005).** Support vector machines for classification in remote sensing, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, No.5, 1007-1011. DOI: 10.1080/01431160512331314083
- Perumal, K., Bhaskaran, R. (2010).** Supervised classification performance of multispectral images, *Journal of Computing*, Vol. 2, Issue 2, 124-129.
- Richards, J.A., Jia, X. (2006).** Remote Sensing Digital Image Analysis. An introduction, 4th edition, *Springer-Verlag Berlin Heidelberg.*
- Suchel, J.B. (1988).** Les climats du Cameroun, *Thèse d'Etat*, Université de Bordeaux III.
- Suchel, J.B. (1972).** La répartition des pluies et les régimes pluviométriques au Cameroun, *Travaux et documents de géographie tropicale*, No.5, 287 p.
- Tematio, P., Kengni, L., Bitom, D., Hodson, M., Fopoussi, J.C., Leumbe, O., Mpakam, H.G., Tsozue, D. (2004).** Soils and their distribution on Bambouto volcanic mountain, West Cameroon highland, Central Africa, *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 39, 447-457. DOI:10.1016/j.jafrearsci.2004.07.020
- Tchawa, P. (1993).** La dégradation des sols dans le Bamiléké méridional, conditions naturelles et facteurs anthropiques. *Cahiers d'outre-mer*, Vol. 46, No.181, 75-10.
- Tsalefac, M. (2011).** L'aménagement des bas-fonds sur les hautes terres de l'ouest du Cameroun : un exemple d'adaptation planifiée à la variabilité climatique actuelle, *Association Internationale de Climatologie*, Vol. 14, 579-584.
- Tsalefac, M. (1983).** Ambiance climatique des Hautes Terres de l'Ouest du Cameroun, *Thèse de doctorat de 3ème cycle*, Université de Yaoundé.
- Tucker, C.J., Townshend, J.R.G., Goff, T.E. (1985).** Africa land-cover classification using satellite data, *Science*, vol. 227, No.4685, 369-375.
- Valet, S. (2004).** Effet de la sécheresse sur les associations culturales vivrières de l'Ouest-Cameroun, *Sècheresse*, Vol. 11, No.4, 239-247.
- Valet, S. (1999).** L'aménagement traditionnel des versants et le maintien des cultures associées traditionnelles : cas de l'Ouest-Cameroun. *Colloque International " L'Homme et l'Erosion "* IRD, CIRAD, 12-15/12/1999. Yaoundé, Cameroun, 37-68.
- Vancutsem, C., Marinho, E., Kayitakire, F., See, L., Fritz, S. (2013).** Harmonizing and combining existing land cover/land use datasets for cropland area monitoring at the African continental scale, *Remote Sensing*, Vol. 5, 19-41. DOI: 10.3390/rs5010019
- Verhegghen, A., Mayaux, P., de Wasseige, C., Defourny, P. (2012).** Mapping Congo Basin vegetation types from 300 m and 1 km multi-sensor time series for carbon stocks and forest areas estimation, *Biogeosciences*, Vol. 9, 5061-5079. DOI: 10.5194/bg-9-5061-2012
- Wacker, A.G., Landgrebe, D.A. (1972).** Minimum Distance Classification in Remote Sensing, *LARS Technical Reports*, Paper 25. <http://docs.lib.purdue.edu/larstech/25>
- Waldner, F., Fritz, S., Di Gregorio, A., Plotnikov, D., Bartalev, S., Kussul, N., Gong, P., Thenkabail, P., Hazeu, G., Klein, I., Löw, F., Miettinen, J., Dadhwal, V.K., Lamarche, C., Bontemps, S., Defourny, P. (2016).** A Unified Cropland Layer at 250 m for Global Agriculture Monitoring, *Data*, Vol. 1, No.3, 1-13. DOI:10.3390/data1010003

Caractérisation des systèmes agroforestiers en zone de haute altitude du Parc National de Kahuzi Biega en République Démocratique du Congo

Muderhwa M.P.^{1,2}, Kachaka S.C.¹, Tchamba N.M.², Bitijula M.M.¹, Lejoly J.³, Biloso M.A.¹ et Temgoua F.L.²

(1) Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo / e-mail : patrick.muderhwa@unikin.ac.cd

(2) Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun

(3) Faculté des Sciences et de bio ingénieur, Université Libre de Bruxelles, Belgique

DOI : <http://doi.org/10.5281/zenodo.3518845>

Résumé

La présente étude vise la caractérisation des systèmes agroforestiers traditionnels et montre la diversité d'espèces ligneuses dans les parcelles comme un excellent facteur socio-économique affectant la pratique de ces systèmes de production. De ce fait, 4 villages (Chombo, Cibinda, Kashusha, Miti), ont été sélectionnés, en fonction de leur proximité du parc et de l'existence des pratiques agroforestières. 80 parcelles au total, ont été sélectionnées en fonction de la disponibilité des propriétaires, du type de pratique, de la taille et de la diversité ligneuse. Les parcelles ont été délimitées à l'aide d'un GPS et les paramètres dendrométriques (hauteur et Diamètre à Hauteur de Poitrine (DHP) pour les arbres (dont le DHP \geq 5cm). D'autres paramètres notamment la surface terrière et le volume ont été calculés à partir des deux premiers. Les tests statistiques ont consisté en des ANOVA, des corrélations et un test de Khi Carré. Les ANOVA ont été réalisées pour comparer les paramètres tels que les indices de diversité (Shannon, Equitabilité, Simpson et Fisher-alpha), la richesse spécifique, la surface terrière et le volume. Les résultats de cette étude révèlent que les systèmes

agroforestiers autour du Parc sont hétérogènes et incluent les Champs Complantés d'arbres (CC)(38,75%), les Haies Vives (HV)(20%) et les Jardins de Case (JC)(41,25%). 14 espèces appartenant à 14 familles monospécifiques ont été inventoriées dans les systèmes agroforestiers. Il y avait une différence significative (p -value ($p < 0,01$)) entre le nombre moyen d'espèces par village (test Fischer; ($F=39,039$)), (degré de liberté, ($dl=3$)). L'analyse de la variance a également montré une différence significative entre les valeurs de diversité spécifique effective ($F=15,135$; $dl=3$; $p < 0,01$). Par ailleurs, il est révélé une différence significative entre les paramètres dendrométriques en fonction des villages ($F=57,52$; $dl=3$, $p < 0,01$ pour le volume; $F=48,39$; $dl=3$, $p < 0,01$ pour la surface terrière), mais pas de différence significative en fonction des systèmes agroforestiers ($p=0,783$ pour le diamètre; $p=0,748$ pour la hauteur; $p=0,954$ pour la surface terrière et $p=0,870$ pour le volume). Ces différences traduisent que les populations gèrent différemment leurs exploitations entre les villages et la non différence montre une intensité de gestion presque similaire entre les systèmes.

Keywords : Agroforesterie, Biodiversité, villages riverains, Parc National de Kahuzi Biega, Haute altitude, République Démocratique du Congo

Abstract

The present study aims at characterizing traditional agroforestry systems and shows the diversity of woody species in plots as an excellent socio-economic factor affecting the practice of these production systems. As a result, 4 villages (Chombo, Cibinda, Kashusha, Miti) were selected based on their proximity to the park and the existence of agroforestry practices. 80 plots in total, were selected based on owner availability, type of practice, size and woody diversity. Plots were delineated using a GPS and the dendrometric parameters (height and Diameter at Breast Height (DBH) for trees (including DBH \geq 5cm).)

Other parameters including basal area and volume were calculated. From the first two, the statistical tests consisted of ANOVAs, correlations and a Khi Carré test. The ANOVAs were performed to compare parameters such as diversity indices (Shannon, Equitability, Simpson and Fisher-alpha) Species richness, basal area and volume. The results of this study reveal that agroforestry systems around the Park are heterogeneous and include tree-planted fields (38.75%), hedgerows (20.00%) and house gardens (41.25%) Fourteen species belonging to 14 monospecific families were inventoried in agroforestry systems. There was a significant

difference ($p < 0.01$) between mean of species per village ($F = 39.039$, $dl = 3$) Variance analysis also showed a significant difference between the effective specific diversity values ($F = 15.135$; $dl = 3$; $p < 0.01$). Moreover, a significant difference between the dendrometric parameters according to villages is revealed ($F = 57.52$, $dl = 3$, $p < 0.01$ for the volume, $F = 48.39$, $dl = 3$, $p < 0.01$ for the basal area), but

no significant difference depending on agroforestry systems ($p = 0.783$ for diameter, $p = 0.748$ for height, $p = 0.954$ for basal area and $p = 0.870$ for volume). These differences indicate that populations manage their farms differently between villages and the difference does not show a similar intensity of management between the systems.

Keywords : Agroforestry, Biodiversity, neighbouring villages, Kahuzi Biega National Park, High Altitude, Democratic Republic of Congo

1. Introduction

Dans les régions d'Afrique centrale, il est reconnu que les paysans maintiennent un certain nombre d'arbres lors de la préparation de leurs parcelles entre deux saisons culturales (Schure et al., 2011). Ces pratiques ainsi que d'autres comme la rotation entre jachère et cultures, l'utilisation de bois d'œuvre ou de service dans les CC d'arbres, les HV et les JC, sont appelés systèmes agroforestiers (Nair, 1993). L'agroforesterie a été récemment définie comme un système de gestion des ressources naturelles dynamique et écologique qui, à travers l'intégration des arbres dans les champs et les fermes, diversifie et soutient la production pour des bénéfices sociaux, environnementaux et économiques pour les utilisateurs de la terre à tous les niveaux (Leakey, 1996 ; ICRAF, 2000; Torquebiau, 2007).

Durant les trois dernières décennies, l'agroforesterie a été largement promue dans les tropiques comme étant une stratégie de gestion des ressources naturelles qui essaie d'équilibrer les objectifs du développement de l'agriculture avec la conservation du sol, de l'eau, du climat local et régional et encore plus récemment, la conservation de la biodiversité et la réduction de la déforestation et dégradation (Schroth et al., 2004, Mc Neely et Schroth, 2006). A la même période, plusieurs autres aspects de l'agroforesterie ont été également élucidés, tels que l'histoire et les dynamiques des systèmes agroforestiers (Kumar et Nair, 2004; Miller et Nair, 2006; Peyre et al., 2006), l'agroforesterie et la diversification des sources de revenus, l'amélioration de la sécurité alimentaire des ménages (Sanchez, 2002; Tchoundjeu et al., 2006; Atangana et al., 2006; Asaah et al., 2011) et les divers services écosystémiques (Millenium Ecosystem Assessment, 2005; International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development, 2008).

Plus d'une centaine de systèmes agroforestiers ont été répertoriés sous les tropiques, qui consistent à environ 20 pratiques agroforestières (Khasa, 2011). Les études visant à caractériser ces systèmes agroforestiers ont été menées

dans la sous-région du Bassin du Congo, à l'instar du Cameroun où les études sont assez avancées. Par contre, pour ce qui est de la République Démocratique du Congo, bien qu'une étude ait indiqué que les Jardins de Case y sont les systèmes agroforestiers les plus dominants (Atangana et al., 2011), il y a encore un gap sur les connaissances de ces systèmes traditionnels complexes et diversifiés que la monoculture. Parallèlement, plusieurs études soutiennent que les systèmes agroforestiers complexes peuvent servir de modèles pour la mise au point de nouveaux systèmes de culture. Ils apparaissent cependant, de par leurs caractéristiques, beaucoup plus difficiles à appréhender et à conduire que les systèmes monospécifiques (Vandermeer, 1989 ; Vandermeer et al., 1998; Jagoret, 2011).

L'évaluation des systèmes agroforestiers complexes pose des problèmes. D'une part, ils doivent être étudiés sur le long terme pour appréhender les différents aspects de leur durabilité (agronomique, écologique, sociale, économique) et d'autre part, les interactions qui s'exercent au sein de ces systèmes pour le partage des ressources entre les espèces associées et entre les individus d'une même espèce, s'exercent à la fois dans le milieu aérien (bilan radiatif et encombrement de l'espace) et souterrain (eau, nutriments et encombrement de l'espace) (Nair, 1993; Rao et al., 1998 ; Huxley, 1999). Ces interactions sont donc multiples et par conséquent difficilement quantifiables, d'où cette étude de caractérisation des systèmes agroforestiers de la zone de haute altitude du Parc National de Kahuzi Biega (PNKB).

Dans le cadre de la présente étude relative à la caractérisation des systèmes agroforestiers en zone de haute altitude du Parc National de Kahuzi Biega en République Démocratique du Congo, deux principales interrogations ont été reformulées. Quelles sont les Pratiques Agroforestières existantes dans les sites des environs du PNKB? Quelles sont les caractéristiques des ligneux dans les espaces agroforestiers des villages riverains du Parc en zone de haute altitude?

Les objectifs de cette étude sont d'inventorier et de

caractériser la structure et la diversité ligneuse des systèmes agroforestiers existant dans les environs du Parc National de Kahuzi Biega.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Matériel

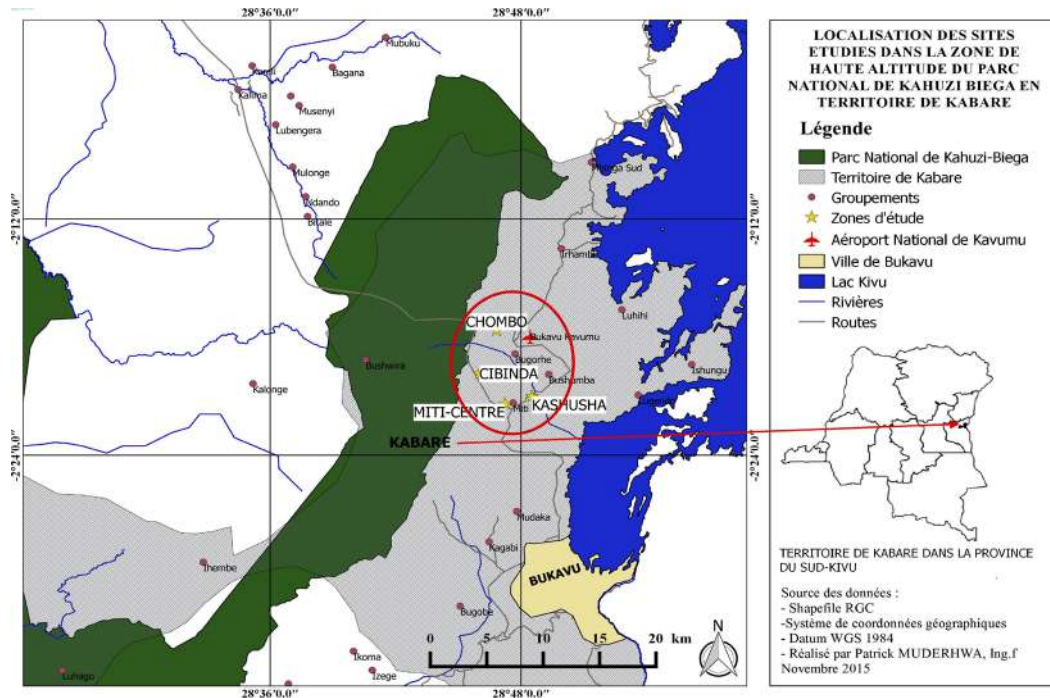
2.1.1 Zone d'étude

L'étude a été conduite dans le territoire de Kabare au nord de la ville de Bukavu et plus spécifiquement dans les villages riverains en zone d'haute altitude du Parc National de Kahuzi Biega (notamment Cibinda, Chombo, Kashusha et Miti). Il est situé entre 28°45'-28° 55' de longitude Est et 2° 30'-2° 50' de latitude Sud, avec une superficie de 1 960 km². Sa population est estimée à 496 169 habitants, avec une densité moyenne de 250 hab/km².

Son altitude est de 1 460 m à l'Est et les sommets les plus hauts atteignent une hauteur de 2 780 m

et de 3 000 m dans les montagnes de Kahuzi et de Biega à l'Ouest. La région est caractérisée par une température moyenne annuelle de 15 à 20°C et une amplitude des températures journalières qui peut atteindre environ 10 à 12°C. Le territoire de Kabare, connaît deux saisons : la saison sèche qui dure 3 mois de juin à septembre et la saison des pluies qui dure 9 mois. La saison sèche connaît une température élevée et une rareté de pluies durant toute la période. Les précipitations moyennes annuelles varient entre 1300 et 1 800 mm.

Suite à la croissance démographique, dans cette zone, la forêt est pratiquement substituée par des surfaces agricoles jusqu'à une certaine altitude d'environ 1 800 m où les conditions de l'agriculture deviennent de plus en plus défavorables ; Ce qui explique aussi la part montante de pâturage avec l'altitude. L'agriculture reste l'activité principale. Dans la zone, il ne reste



Carte 1 : Présentation de la zone d'étude

Tableau 1: Caractéristiques des villages enquêtés

Populations	Nom de villages	Distance PNKB	Coordonnées GPS
Pygmées	Chombo	2,5 km	Latitude Sud: 2°34', Longitude Est: 28°76'; Altitude: 1885 m
Pygmées	Cibinda	3 km	Latitude Sud: 2°34', Longitude Est: 28°78' ; Altitude: 1892m
Bantous	Kashusha	6 km	Latitude Sud: 2°33', Longitude Est: 28°80' ; Altitude: 1646m
Bantous	Miti	7 km	Latitude Sud: 2°36', Longitude Est: 28°78' ; Altitude: 1634 m

que très peu de la végétation arbustive spontanée et des reliques de la forêt secondaire dans la brousaille. Tout récemment, certains organismes ont repris les activités de reboisement dans certains sites. Les espèces les plus répandues sont les *Grevillea robusta* (Proteaceae), *Eucalyptus sp* (Myrtaceae), *Maesopsis eminii* (Rhamnaceae), *Pinus patula* (Pinaceae), etc. Il est observé aussi dans la zone, les vallées revêtues d'une verdure des cultures faites par les paysans alors que les collines de leurs cotés sont caractérisées par les plantations d'arbres.

2.1.2 Appareillage et Outils

Tous les arbres ayant un Diamètre à Hauteur de Poitrine (DHP) supérieur ou égal à 5 cm soit 15,7 cm de circonférence à 1.30 m, ont constitué le matériel biologique pour cette étude. Le GPS a été utilisé pour obtenir les coordonnées géographiques des villages et parcelles cibles, le questionnaire d'enquête et les fiches de relevés phytosociologiques ont été également utilisées afin d'obtenir les informations sur les ligneux.

2.2. Méthodes

2.2.1. Echantillonnage et collecte des données

Afin de caractériser la structure et la diversité ligneuse dans les systèmes agroforestiers, quatre villages (Chombo, Cibinda, Kashusha, Miti), ont été sélectionnés (carte 1, tableau 1), après pré-enquête et entretien avec les personnes ressources, en fonction de leur accessibilité, proximité du Parc, présence des pratiques agroforestières, en vue d'identifier les parcelles agroforestières existantes ainsi que leur distribution spatiale. Ces villages sont variés en terme de: (i) la répartition spatiale autour du Parc National de Kahuzi Biega (600 000 ha, classé patrimoine mondial de l'UNESCO), (ii) l'accessibilité, (iii) la présence des parcelles agroforestières, (iv) la distance par rapport à Bukavu, la grande ville et capitale régionale (environ 800 000 habitants (Institut National de Statistiques, 2012). Etant donné la disparité de la taille et la répartition des parcelles agroforestières au sein du village, l'étude a procédé par un échantillonnage aléatoire stratifié, à deux degrés. La première strate était constituée du village lui-même. Dans ce village, la deuxième strate était constituée par chacune des différentes parcelles agroforestières.

Le groupement de Miti où s'est déroulé l'évaluation formelle, s'étend sur 27 villages, avec 100 ménages par village, le taux d'échantillonnage pour cette étude a été de 20% de la population cible tel que recommandé

par la littérature (Waston, 2001), donnant 20 ménages par village. Quant aux parcelles, elles ont été sélectionnées après le focus group en fonction de la disponibilité du propriétaire, de l'accessibilité, de type de pratiques agroforestières, de la taille et de la diversité ligneuse.

2.2.2. Paramètres dendrométriques

A l'aide d'un GPS, le travail a débuté par la mesure de la superficie et la prise des coordonnées géographiques de chaque parcelle agroforestière. Du fait de tailles réduites des exploitations (1 ha), nous avons réalisé un inventaire systématique des ligneux dont le DHP était supérieur ou égal à 5 cm. L'identification directe des espèces ligneuses à partir des noms scientifiques selon la nomenclature de Linné, ou vernaculaires, s'est faite avec l'assistance d'un forestier et un botaniste. Après l'identification, s'en sont suivies des observations morphologiques et prise des notes de celles-ci, enfin la mesure des paramètres dendrométriques ($dhp \geq 5cm$): DHP, Hauteur, à partir desquelles d'autres paramètres notamment la surface terrière et le volume ont été déduits. La hauteur a été prise à l'aide d'une perche graduée alors que la circonférence a été obtenue avec un ruban circonférentiel.

2.2.3. Paramètres démographiques et de la phytodiversité

Un total de 80 parcelles complètement randomisées ont été sélectionnées dans les 4 villages étudiés (20 parcelles par village). Pour ces paramètres, les richesses spécifiques, les densités, les abondances ainsi que les indices de diversité de Shannon, Simpson et Pielou ont été donnés pour la diversité α dans tous les villages. Nous avons également utilisé les indices de similarité de Jaccard et Morisita-Horn afin d'examiner la diversité β parmi les parcelles.

2.2.4. Analyse et traitement des données

Les tableaux, les graphiques et les tests statistiques (les fréquences, les moyennes, les écarts-types, les sommes, les minima et les maxima) qui ont permis de tirer des conclusions sur les liens entre les variables et les tendances observées, ont été effectués à l'aide du Logiciel SPSS 20. Le logiciel Past (Paleontological Statistics) a permis de calculer les indices de diversité et les coefficients de similarité. Nous avons analysé les données de diversité en comparant les mesures de diversité α par site afin d'estimer l'hétérogénéité.

3. Résultats

3.1. Les différentes pratiques agroforestières identifiées

3.1.1. Les pratiques agroforestières

Globalement 3 types des pratiques agroforestières ont été identifiés dans la zone d'étude. Il s'agit des Haies vives, Jardins de Case, ainsi que les Champs complantés d'arbres et dont les proportions sont visibles dans la figure 1.

La figure 1 indique les pratiques agroforestières inventoriées sur le site d'étude. Des 80 parcelles investiguées, il est possible de voir que les types des pratiques sont fonction des villages, toutefois,

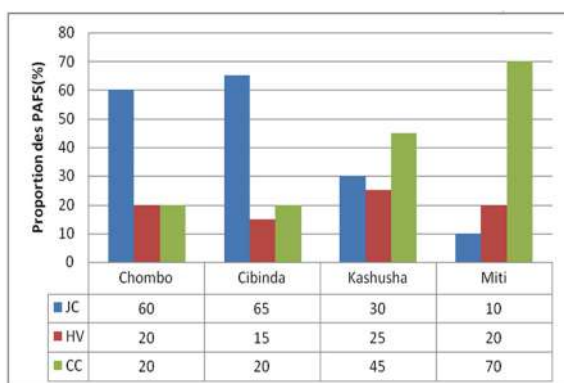


Figure 2: Pratiques agroforestières identifiées dans la zone d'étude

pour l'ensemble des villages, les JC viennent en tête avec 41,25% en moyenne, suivi des CC (38,75% en moyenne), puis les HV (20% en moyenne). Les haies sont plus pour la délimitation des parcelles. Il a été remarqué les faibles superficies des parcelles dans la zone d'étude qui pourrait constituer un frein aux actions de grandes envergures mais néanmoins, l'intensification de l'agroforesterie peut être salutaire car cette dernière résout le problème de rareté de terre (Temgoua, 2014). Dans une étude similaire autour du Parc National de Kahuzi, Maroyi (2013), rapporte que 63% des enquêtés avaient une superficie moyenne comprise entre 0,01 et 1ha, alors que Basimine et al., (2014), ajoute que la superficie moyenne des parcelles dans la zone d'étude est d'1 ha.

3.1.2. Les composantes des systèmes

3.1.2.1. Composante agricole

Dans la zone d'étude, cette composante comprend principalement la banane, le manioc, la patate douce, le maïs, le haricot et le colocase. Toutefois, cette production est essentiellement destinée à l'autoconsommation. Par ordre d'importance, trois cultures principales ont été citées par les répondants. Il s'agit de la Banane, le Manioc et le Haricot.

3.1.2.2. Composante pastorale

Quant à cette composante, elle est essentiellement constituée des bovins (vaches), ovins (moutons),

Tableau 2: Les espèces ligneuses rencontrées dans la zone d'étude

Espèces	Familles	Village d'occurrence	Usages principaux
<i>Cedrela serrulata</i>	Meliaceae	Ch, Ci, Kash	BO, BE
<i>Citrus sp</i>	Rutaceae	Kash	Al, Méd, BE
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cupressaceae	Ch, Ci, Kash, Mi	BE, Méd
<i>Erythrina abyssinica</i>	Fabaceae	Ch, Ci	BE, Méd
<i>Eucalyptus sp</i>	Myrtaceae	Ch, Ci, Kash, Mi	BE, BC, Med
<i>Ficus glumosa</i>	Moraceae	Ch, Ci	Méd, BE
<i>Grevillea robusta</i>	Proteaceae	Ch, Ci, Kash, Mi	BO, BE, Fertilisation
<i>Maesopsis eminii</i>	Rhamnaceae	Ch, Ci, Kash, Mi	BO, BE
<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	Ch, Ci, Kash, Mi	Al, Méd, BE
<i>Markhamia lutea</i>	Bignoniaceae	Ch, Ci	BE, Méd
<i>Persea americana</i>	Lauraceae	Ch, Ci, Kash, Mi	Al, BE
<i>Pinus patula</i>	Pinaceae	Ch	BE
<i>Podocarpus usambarensis</i>	Podocarpaceae	Ch, Ci, Mi	BE, BO
<i>Polyscias fulva</i>	Araliaceae	Ch, Ci	BE, Méd, BO

Légende: BE: Bois énergie, BO: Bois d'œuvre, Méd: Médicament, Al: Alimentaire, BC: Bois de construction, Ch: Chombo, Ci: Cibinda, Kash: Kashusha, Mi: Miti

caprins (chèvres), porcins (porcs), et des volailles, notamment les poules. Cette composante est le plus souvent en divagation faute d'espaces des pâturages. Il est signalé dans la région, plusieurs conflits entre agriculteurs et éleveurs. Néanmoins, ces conflits sont gérés sous la médiation du Chef de Village ou par le cadre de concertation en famille ou dans l'église, à travers les associations de développement, par négociation et médiation ou par chambre de réconciliation.

Dans la zone, l'élevage est de type extensif et parfois avec des grands troupeaux. Il est pratiqué pour des raisons alimentaires (viande et lait), économiques (sources des revenus) et sociales (pour la dot et synonyme de la richesse donc appartenance à un rang social élevé). Les espèces suivantes sont plus appréciées par les animaux : *Penisetum clandestinum*, *Setaria barbata*, *Trypsacum sp*, *Commelina diffusa*, *Penisetum purpureum*, etc.

3.1.2.3. Composante ligneuse

14 familles monospécifiques ont été trouvées parmi la vingtaine d'espèces utilisables comme bois énergie dans la région. Les familles les plus abondantes sont celles de Proteaceae avec une espèce *Grevillea robusta* (57,7%), Myrtaceae (*Eucalyptus sp*, 14,1%), Cupressaceae (*Cupressus lusitanica*, 6,6%), Rhamnaceae (*Maesopsis eminii*, 6,1%), Podocarpaceae (*Podocarpus usambarensis*, 5,9%), alors que les familles des Fabaceae (*Erythrina abyssinica*), Moraceae (*Ficus glumosa*), Rutaceae (*Citrus sp*), Bignoniaceae (*Markhamia lutea*), Pinaceae (*Pinus patula*), Lauraceae (*Persea americana*), Anacardiaceae (*Mangifera indica*), Meliaceae (*Cedrela serrulata*) et Araliaceae (*Polyscias fulva*) s'illustrent avec une abondance de moins de 3%. Ces espèces sont utilisées pour diverses raisons, notamment comme bois énergie, bois de service, bois d'œuvre, fertilisants, aliments, médicaments, pour ne citer que cela.

3.2. Caractérisation des pratiques agroforestières identifiées

3.2.1. Diversité des espèces ligneuses rencontrées dans les parcelles agroforestières

3.2.1.1. Richesse spécifique

Il y a une différence significative ($p < 0,01$) entre le nombre moyen d'espèces par village ($F=39,039$; $dl=3$), et les espèces communes pour tous les villages sont le *Grevillea robusta*, *Eucalyptus sp*, *Mangifera indica*,

Persea americana, *Maesopsis eminii* et *Cupressus lusitanica* alors que les espèces différentielles sont *Citrus sp*, *Erythrina abyssinica*, *Polyscias fulva*, *Pinus patula*, *Cedrela serrulata*, *Markhamia lutea* et *Ficus glumosa*.

Les espèces ligneuses rencontrées dans les exploitations, diffèrent en fonction de leurs usages ainsi que de leurs disponibilités dans la région. Parmi les interviewés, 69,2% conservent les arbres pour le bois énergie, 13,8% pour bois d'œuvre et de service, 10,8% pour la vente des fruits, 3,1% pour l'usage médicale et 3,1% pour autres usages du bois (ombrage, artisanat, etc.)(tableau 2).

Quant aux systèmes agroforestiers, un total de 7, 8, 12 et 13 espèces a été trouvé dans les jardins de cases; 6, 6, 12 et 7 espèces dans les Haies vives; 5, 7, 11 et 8 espèces dans les champs complantés, respectivement dans les villages de Miti, Kashusha, Chombo et Cibinda. Les jardins de case sont caractérisés par les espèces indigènes (*Podocarpus usambarensis*, *Ficus glumosa*, *Polyscias fulva*), alors que les champs complantés et les Haies vives comprennent plus des espèces exotiques (*Grevillea robusta*, *Eucalyptus sp*). L'analyse de la variance n'a pas montré de différence significative entre ces valeurs de richesse spécifique ($p=0,45$) et par conséquent les Jardins de case, Haies vives puis les Champs complantés sont riches en espèces ligneuses.

3.2.1.2. Abondance des ligneux

Dans le village de Kashusha, un total de 881 individus (dont 362, 319 et 200 ligneux, respectivement dans les CC, les JC et les HV), repartis en 8 espèces ont été inventoriés, alors qu'à Miti, Chombo et Cibinda les abondances absolues ont été respectivement de 1241 (dont 947, 106 et 188 ligneux, respectivement dans les CC, les JC et les HV) repartis en 7 espèces, 1129 (dont 197, 673 et 259 ligneux, respectivement dans les CC, les JC et les HV) repartis en 13 espèces et 1167 (dont 212, 744 et 211 ligneux, respectivement dans les CC, les JC et les HV) repartis en 12 espèces.

L'analyse de la variance a montré une différence significative ($p < 0,01$) entre les systèmes agroforestiers et ainsi, les ligneux sont plus abondants dans les JC des villages pygmées (Chombo et Cibinda) et dans les CC des villages bantous (Miti et Kashusha). Parallèlement, l'abondance des espèces ligneuses est également différente entre les villages. L'espèce *Grevillea robusta* est la plus abondante dans tous

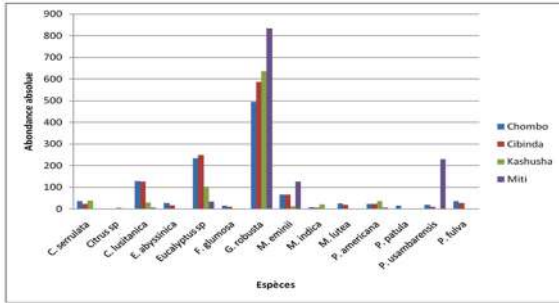


Figure 2: Abondance absolue des ligneux dans les différentes pratiques agroforestières

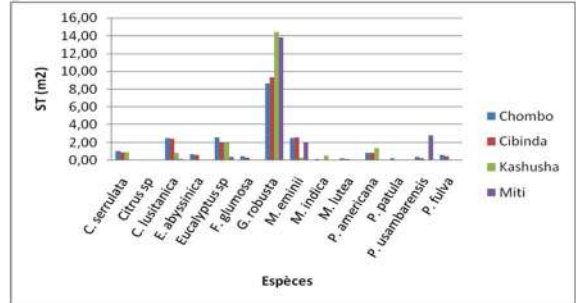


Figure 3: La dominance des ligneux dans les différentes pratiques agroforestières

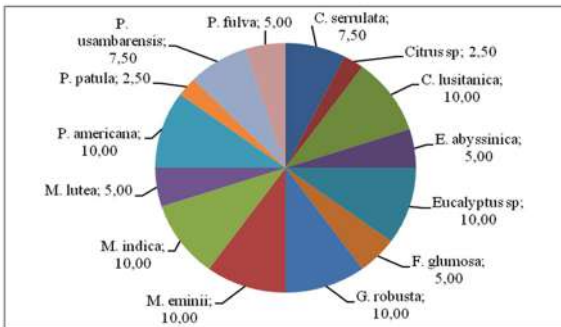


Figure 4 : Fréquence relative des ligneux dans les pratiques agroforestières

les villages étudiés avec 57,7%, suivie des espèces *Eucalyptus sp* (14,08%), *Cupressus lusitanica* (6,59%), *Maesopsis eminii* (6,16%) et *Podocarpus usambarenensis* (5,86%). Les autres espèces, représentées avec moins de 5% sont entre autres *Cedrella serrulata* (2,22%), *Persea americana* (2,02%), *Polyscias fulva* (1,45%), *Markhamia lutea* et *Erythrina abyssinica* (1% chacune), *Mangifera indica* (0,86%), *Ficus glumosa* (0,57%), *Pinus patula* (0,36%) et enfin *Citrus sp* (0,14%). (figure 2).

3.2.1.3. Dominance des ligneux

Des 80 parcelles agroforestières investiguées dans la zone d'étude, l'espèce *Grevillea robusta* est la plus dominante avec 57,7%, suivie de *Maesopsis eminii*, *Eucalyptus sp* et *Cupressus lusitanica* avec respectivement 9,23%; 6,63% et 7,35%. Les autres espèces avec un peu moins de 5% sont *Podocarpus usambarenensis* (4,24%), *Persea americana* (3,78%), *Cedrella serrulata* (3,57%) alors que les autres ont moins de 2%. La dominance relative est également différente entre les villages (figure 3).

3.2.1.4. Fréquence relative des ligneux

La figure 4 montre la présence/absence des espèces

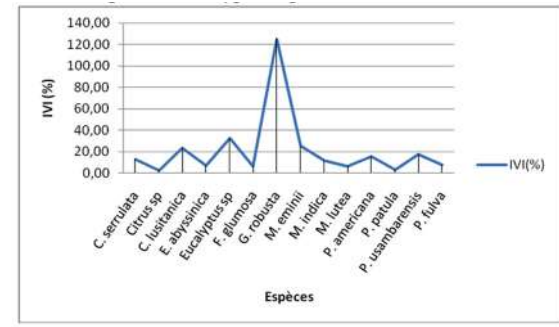


Figure 5 : Indice de Valeur d'importance des espèces inventoriées

dans les types des pratiques. Il ressort de ces résultats que des 14 espèces inventoriées, seules 2 sont différentielles dans la zone d'étude, il s'agit notamment de *Citrus sp*, rencontré exclusivement à Kashusha et *Pinus patula*, à Chombo dans les JC.

Les espèces notamment *Polyscias fulva*, *Markhamia lutea*, *Erythrina abyssinica* et *Ficus glumosa* ont été trouvées à Chombo et à Cibinda dans les JC pour les trois premières et dans les HV pour la dernière, alors que les espèces dont *Cedrella serrulata* et *Podocarpus usambarenensis* ont été rencontrées en plus des villages susmentionnés, respectivement à Kashusha et à Miti. Toutefois, les espèces communes pour tous les villages sont *Cupressus lusitanica*, *Grevillea robusta*, *Eucalyptus sp*, *Persea americana*, *Maesopsis eminii* et *Mangifera indica*.

3.2.1.5. Indice de Valeur d'Importance (IVI)

La figure 5, indique les espèces les plus importantes dans l'ensemble des systèmes. Il ressort de celui-ci que l'espèce *Grevillea robusta* reste la plus importante représentant 125,29 sur 300%, suivie des espèces *Eucalyptus sp* avec 32,51 sur 300%, *Maesopsis eminii* avec 25,38 sur 300%, *Cupressus lusitanica* avec 23,94 sur 300%, *Podocarpus usambarenensis* avec 17,61% sur

Tableau 3: Comparaison des indices de diversité des ligneux dans les pratiques

Paramètres	Chombo	Cibinda	Kashusha	Miti
Densité (Ni/Ha)	94,45	95,29	72,61	107,33
Richesse spécifique	13	12	8	7
Abondance ligneuse	1129	1167	881	1241
Simpson	0,74	0,69	0,46	0,50
Shannon	1,80	1,57	1,05	0,98
Pielou	0,70	0,63	0,50	0,51
Fisher Alpha	2,06	1,86	1,21	0,98

300%, *Persea americana*, 15,81 sur 300%, *Cedrella serrulata*, 13,29 sur 300% et *Mangifera indica*, 11,77 sur 300%. Les autres espèces sont en deçà de 10 sur 300% et il s'agit notamment de *Polyscias fulva* (7,81 sur 300%), *Erythrina abyssinica* (7,60 sur 300%), *Ficus glumosa* (6,50 sur 300%), *Markhamia lutea* (6,46 sur 300%), *Pinus patula* (3,15 sur 300%) et enfin *Citrus sp* (2,68 sur 300%).

3.2.1.6. Structure diamétrique des ligneux

La figure 6 illustre la répartition des arbres au sein des classes de diamètres dans la zone d'étude. Il ressort de ces résultats que les ligneux sont abondants dans les premières classes, ainsi la classe de [5-25[représente à elle seule environ 97,10% de l'ensemble d'individus. Par ailleurs les classes de diamètre compris dans les intervalles de [5-15[, [15-25[et [25-35[représentent respectivement 54,69%, 42,42% et 2,76%. Ce qui confirme le stade jeune des ligneux.

3.2.1.7. Les indices de diversité ligneuse

Le tableau 3 montre que les indices de diversité varient d'un village à l'autre. En effet, les indices de diversité de Shannon, Simpson, Pielou et Fisher Alpha, sont élevés pour les villages pygmées (premiers occupants de la RDC, "Bamboutis"), de Chombo et Cibinda que pour les villages bantous de Kashusha et de Miti.

Avana (2014) signale que le rapport de l'indice de Shannon et celui de Simpson, donne la diversité spécifique effective et les résultats du tableau 3, donne 2,43 pour le village de Chombo, 2,27 pour Cibinda, 2,28 pour Kashusha et 1,96 pour Miti. Par ricochet, les 2 premiers villages paraissent plus diversifiés. L'analyse de la variance a montré également une différence significative entre ces valeurs de diversité spécifique effective ($F=15,135$; $dl=3$; $p<0,01$).

Par ailleurs, la richesse spécifique et la densité ligneuse moyenne sont également élevées dans ces villages

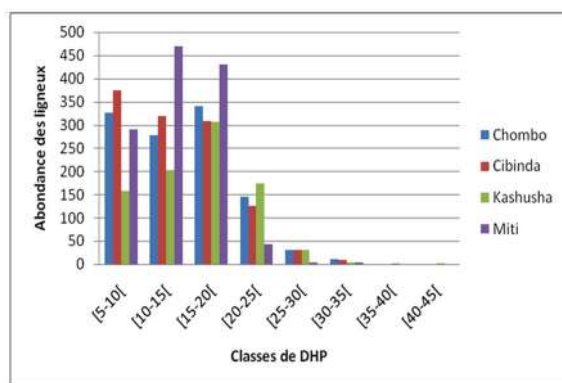


Figure 6: Structure diamétrique des arbres des systèmes agroforestiers

($p<0,01$). Les espèces exotiques étaient dominantes dans les parcelles des villages bantous, alors que les espèces indigènes, notamment le *Podocarpus usambarensis*, *Ficus glumosa*, *Polyscias fulva*, *Markhamia lutea*, *Erythrina abyssinica*, *Maesopsis eminii* se sont bien illustrés à Chombo et à Cibinda. Par ricochet, il est possible de comprendre que les autochtones "Pygmées" sont les plus conservateurs autant qu'ils ont dans leurs exploitations ce qu'ils portaient chercher, autrefois en forêt.

Quant à la diversité Béta qui donne la similarité entre les villages, l'analyse de l'indice de similarité de Jaccard calculé sur base des données d'incidence (présence-absence, données binaires), montre que les villages pygmées sont similaires à 93%, ceux des bantous à 68% alors que les deux blocs le sont à presque 54%. Par ailleurs, l'analyse de l'indice de Morisita et Horn, basé sur l'abondance des espèces indique que les premiers villages sont similaires à 99,2%, les seconds le sont à 94,4%, tandis que les deux blocs sont similaires à 86,8%.

Tableau 4: Paramètres dendrométriques des ligneux dans les sites étudiés

Villages	DHP (cm)	Hauteur (m)	ST (m ²)	ST (m ² /Ha)	Volume (m ³)	V (m ³ /Ha)
Chombo	14,13±5,88	7,90±2,28	0,018±0,015	1,70	0,058±0,062	5,47
Cibinda	13,57±5,86	7,76±2,31	0,017±0,014	1,62	0,054±0,062	5,27
Kashusha	15,99±5,78	8,53±2,58	0,023±0,016	1,67	0,076±0,077	5,60
Miti	13,43±4,25	7,37±1,67	0,015±0,010	1,61	0,042±0,032	4,33

Tableau 5: Paramètres dendrométriques des ligneux dans les systèmes agroforestiers

Villages	SAFS	Paramètres dendrométriques				
		Circo(cm)	Hauteur (m)	DHP (cm)	ST(cm ²)	Volume (cm ³)
Miti		40,6	12,9	7,2	142,94	381,913
	JC	44,0	14,0	8,1	173,01	520,880
	HV	48,9	15,6	7,6	210,35	570,250
Kashusha	CC	52,5	16,7	8,7	237,71	773,177
	JC	49,3	15,7	8,2	229,04	779,539
	HV	47,6	15,1	8,7	204,27	708,772
Cibinda	CC	45,1	14,4	7,6	182,14	532,182
	JC	43,6	13,9	7,9	177,44	577,173
	HV	36,4	11,6	7,3	137,98	421,783
Chombo	CC	47,4	15,1	7,7	199,40	576,078
	JC	44,1	14,1	8,0	180,06	574,744
		42,9	13,6	7,9	183,46	601,300

3.2.1.8. Paramètres dendrométriques des espèces ligneuses rencontrées dans la zone d'étude

Ces paramètres montrent l'évolution différente des ligneux en fonction des villages. Ainsi, ils montrent que le DHP moyen et la surface terrière sont respectivement DHP=14,13 cm, ST=1,70m²/ha à Chombo, DHP=13,57cm, ST=1,62m²/ha à Cibinda, DHP=15,99cm, ST=1,67m²/ha à Kashusha et DHP=13,43cm, ST=1,61m²/ha à Miti.

Par ailleurs, il est révélé une différence significative entre ces paramètres en fonction des villages (F=57,52; dl=3, p<0,01 pour le volume; F=48,39; dl=3, p<0,01 pour la surface terrière; F=47,87; dl=3, p<0,01 pour la hauteur et F=45,16; dl=3, p<0,01 pour le DHP) et également une relation fortement linéaire entre les différents paramètres (r=0,869**, sig=0,00 pour la hauteur et le DHP; r=0,895**, sig=0,00 pour hauteur, DHP, chacune et le volume; r=0,934**, sig=0,00 pour la surface terrière et le volume; r=0,027*, sig=0,036 pour la richesse spécifique et le volume).

Parallèlement, l'analyse de la variance n'a pas montré de différence significative entre ces paramètres en fonction des systèmes agroforestiers (p=0,783 pour

le diamètre; p=0,748 pour la hauteur; p=0,954 pour la surface terrière et p=0,870 pour le volume). Ce qui montre que l'intensité de gestion est presque la même entre tous ces systèmes agroforestiers (JC, CC et HV).

Ces paramètres montrent l'évolution différente des ligneux en fonction des systèmes agroforestiers des villages. Ainsi, ils montrent une différence, bien que, pas significative (p>0,01) entre les SAFS mais significative entre les villages. Il est possible de voir que les JC sont ascendants en terme de volume à Kashusha et Cibinda alors que les HV le sont à Miti et à Chombo. Quant aux CC, la valeur supérieure est observée à Kashusha.

4. Discussion

La structure écologique des espèces ligneuses dans les parcelles

Dans les paysages fragmentés, l'agroforesterie peut aider à maintenir à un certain niveau la biodiversité à l'intérieur et à l'extérieur des aires protégées (Schroth et al., 2004). La diversité écologique des parcelles agroforestières des villages riverains du Parc

National de Kahuzi Biega a été considérable bien qu'inférieure à celle trouvée dans les caféières dans le Noun au Cameroun (43 espèces, Fouellefack, 2013), dans les agroforêts à Caféiers en Guinée forestière (40 espèces, Correia et al., 2010), dans les systèmes agroforestiers traditionnels du Centre et Sud au Bénin (33 et 18 espèces, Ouinsavi et Sokpon, 2008).

Par ailleurs, les résultats de cette étude montre une diversité presque égale à celle trouvée dans les systèmes agroforestiers traditionnels du Nord Ouest du Benin (15 espèces, Ouinsavi et Sokpon, 2008), dans les jardins de case à Cacaoyers au Sud Cameroun (15 espèces, Bisseleua et al., 2007), mais supérieure à celles trouvées dans les vieilles et jeunes cacaoyères extensives du Sud Cameroun (9 et 10 espèces, Bisseleua et al., 2007). L'indice de diversité ligneuse de Shannon (1,35) calculé pour les systèmes agroforestiers de cette étude est supérieur à celui trouvé dans les jeunes cacaoyères au Sud du Cameroun (1,24; Bisseleua et al., 2007), dans les systèmes agroforestiers à Caféiers de l'Ouest de Cameroun (0,82, Avana et Ousmanou, 2006). Cette valeur est inférieure à celui rapporté dans les caféières à Noun au Cameroun (1,57, Fouellefack, 2013), la forêt naturelle de la Guinée (4,27; Correia et al., 2010), les systèmes d'exploitations de subsistance au Népal (2,91, Acharya 2006), les systèmes agroforestiers du Sud du Benin (2,59; Ouinsavi et Sokpon, 2008).

Plusieurs auteurs ont montré que les pratiques agroforestières traditionnelles contribuent à la conservation de la biodiversité à travers la conservation en champs des ligneux et par ricochet la diminution de la pression sur les forêts restantes et l'approvisionnement d'autres services et biens, notamment le bois énergie (Atta-Krah et al., 2004; McNeely et Schroth, 2006; Acharya, 2006; Tchoundjeu et al., 2006). La densité d'arbres et le type d'espèces maintenus sur les exploitations dépendent des facteurs socioéconomiques et environnementaux. Dans cette étude, la densité d'arbres est faible et les espèces protégées divergent en fonction de leurs usages pour les exploitants et de leur disponibilité dans la zone. Acharya (2006) a rapporté que le nombre et le type d'espèces ligneuses dans les parcelles au Népal, dépendent de la taille de l'exploitation, le nombre de bétails et le degré de fragmentation des parcelles.

Similarités entre les forêts du Parc National de Kahuzi Biega et les parcelles agroforestières

Un total de 14 espèces d'arbres au DHP supérieur ou égal à 5cm, a été trouvé dans les parcelles agroforestières de la zone d'étude. Dans ces parcelles, six (6) espèces (43% de ces 14) dont *Podocarpus usambarensis*, *Ficus glumosa*, *Polyscias fulva*, *Markhamia lutea*, *Erythrina abyssinica*, *Maesopsis eminii* sont maintenues dans ces parcelles et que les populations partaient chercher autrefois dans les forêts du PNKB. Les indices de similarité reflètent que les villages sont similaires entre eux en terme d'abondance ligneuse (Indice de Morisita-Horn) et en terme de présence-absence ou données d'incidence (Indice de Jaccard). Selon Hakizimana et al. (2011), si la similarité est supérieure ou égale à 50%, cela veut dire que les deux sites comparés sont similaires et quand la similarité est inférieure à 50%, donc ces sites sont différents.

5. Conclusion

Cette étude portant sur la caractérisation des systèmes agroforestiers en zone de haute altitude du Parc National de Kahuzi Biega a consisté à, inventorier les pratiques agroforestières existantes aux environs du PNKB afin de caractériser la structure et la diversité ligneuse des parcelles agroforestières. Les résultats de l'étude révèlent que les populations de la zone d'étude ne dépendent pas seulement des espèces des forêts, notamment du Parc National de Kahuzi Biega, comme sources d'approvisionnement en services et biens, mais également qu'elles développent des méthodes de gestion des ressources, notamment agroforestières, qui peuvent être importantes pour la conservation des habitats et des espèces. Ainsi, il a été inventorié, les JC (41,25% en moyenne), les HV (20,20% en moyenne), ainsi que les CC (38,75% en moyenne). Ces pratiques sont hétérogènes. Concernant la caractérisation de la structure et la diversité ligneuse des parcelles agroforestières (les variables étant richesse spécifique, abondance, dominance, fréquence relative et densité des ligneux, structure diamétrique, Indice de Valeur d'Importance et indices de diversité), les résultats de cette étude donnent un total de 14 espèces (dont 14 familles monospécifiques), parmi la vingtaine d'espèces utilisables comme bois énergie dans la région. Les espèces ligneuses rencontrées dans les exploitations,

différent en fonction de leurs usages ainsi que de leurs disponibilités dans la région. Parmi les interviewés, 69,2% conservent les arbres pour le bois énergie, 13,8% pour le bois d'œuvre et de service, 10,8% pour la vente des fruits, 3,1% pour l'usage médicale et 3,1% pour autres usages du bois (ombrage, artisanat, etc.). En ce qui concerne les paramètres dendrométriques, les résultats de cette étude, démontrent une différence des stocks entre les espèces et entre les villages et une relation nettement linéaire entre les différents paramètres.

Par ailleurs, il est révélé une différence significative entre ces paramètres en fonction des villages ($F=57,52$; $dl=3$, $p<0,01$ pour le volume; $F=48,39$; $dl=3$, $p<0,01$ pour la surface terrière; $F=47,87$; $dl=3$, $p<0,01$ pour la hauteur et $F=45,16$; $dl=3$, $p<0,01$ pour le DHP), mais aucune différence significative n'a été décelée en fonction des systèmes agroforestiers ($p=0,783$ pour le diamètre; $p=0,748$ pour la hauteur; $p=0,954$ pour la surface terrière et $p=0,870$ pour le volume). Ce qui montre que l'intensité de gestion est presque la même entre tous ces systèmes agroforestiers. Connaissant l'importance de la conservation de la biodiversité des forêts du Parc National de Kahuzi Biega, les systèmes agroforestiers traditionnels pourraient être un outil pour réduire la pression sur les ressources du Parc et créer un environnement favorable pour beaucoup d'autres espèces. Ces pratiques agroforestières traditionnelles pourraient aider également à réduire les conflits entre les responsables du Parc et les communautés locales concernant l'accès à la terre pour les activités agricoles.

Remerciements

Nous remercions le Réseau des Institutions de Formation Forestière et Environnementale d'Afrique Centrale, RIFFEAC, qui a financé cette étude à travers un appel à subvention compétitif. Un sincère sentiment de gratitude aux fermiers de Chombo, Cibinda, Kashusha et Miti pour avoir accepté volontairement d'évaluer leurs exploitations et de nous fournir des informations supplémentaires. Une pensée spéciale s'adresse également à toute personne ayant contribué à la réalisation de cette étude.

Bibliographie

Acharya, K.P. (2006). Linking trees on farms with biodiversity conservation in subsistence farming systems in Nepal. *Biodivers Conserv* 15:631–646

Asaah, E.K., Tchoundjeu, Z., Leakey, R.R.B., Takouing, B., Njong, J. and Edang, I. (2011). Trees, agroforestry and multifunctional agriculture in Cameroon. *International Journal of Agricultural Sustainability* 10: 110-119.

Atangana, A.R., van der Vlis, E., Khasa, D.P., van Houten, D., Beaulieu, J. and Hendrickx, H. (2011). Tree-to-tree variation in stearic and oleic acid content in seed fat from *Allanblackia floribunda* from wild stands: potential for tree breeding. *Food Chemistry* 126 (4): 1579-1585. DOI 10.1016/j.foodchem.2010.12.023

Atangana, R., Khasa, D. et Scott, C. (2013). Introduction à l'agroforesterie tropicale, *Notes de cours, Faculté de Foresterie, de Géomatique et de Géographie, Université Laval, Québec, 228p.*

Atta-Krah, K., Kindt, R., Skilton, J.N., Amaral, W. (2004). Managing biological and genetic diversity in tropical agroforestry. *Agroforest Syst* 61:183–194

Avana, M.L. et Ousmanou, P. (2006). Dynamique de la diversité et rôles de l'arbre dans les systèmes agroforestiers de l'Ouest du Cameroun, *Présentation en atelier.CIRAD*

Bellow, J.G., Hudson, R.F., Nair, P.K.R. (2008). Adoption potential of fruit-tree-based agroforestry on small farms in the subtropical highlands. *Agroforest Syst* 73:23–36

Bisiaux, F., Peltier, R. et Mulielle, J. (2009). Industrial plantations and agroforestry for the benefit of populations on the bateke and mampou plateaux in the Democratic Republic of the Congo. *Bois et Forêts Des Tropiques*, (301):21R32.

Bisseleua, D., Herve, B. et Stefan, V. (2007). Plant biodiversity and vegetation structure in traditional cocoa forest gardens in southern Cameroon under different management. *Biodivers Conserv* (2008) 17:1821–1835

Cassart, B. (2011). Contribution à l'étude du stockage du carbone dans une chronoséquence d'*Acacia auriculiformis* sur arénosols en République Démocratique du Congo, *Mémoire de master inédit, Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale, Université Catholique de Louvain, Belgique, 155p*

Correia, M., Diabate, M., Beavogui, P., Guilavogui, K., Lamanda, N., Hubert de Foresta

- (2010). Conserving forest tree diversity in Guinée Forestière (Guinea, West Africa): the role of coffee-based agroforests. *Biodivers Conserv* DOI 10.1007/s10531-010-9800-6
- Dery, B., Otsyina B., et Ng'atigwa, R. (1999).** Indigenous knowledge of medicinal trees and setting priorities for their domestication in Shinyanga Region, Tanzania. *ICRAF*, 87 p.
- Duhem, S. et N'toto, R. (2012).** Analyse de la filière Bois-Energie dans la province du Sud-Kivu, Rapport d'Etude, Programme de conservation durable de la biodiversité et des forêts, *PBF/GIZ*, Kinshasa, République Démocratique du Congo.
- Fouellefack, C. (2013).** Caractérisation de la diversité et les services écosystémiques des ligneux dans les systèmes agroforestiers à base de caféiers du Département du Noun au Cameroun. *Mémoire de Master. Inédit. Faculté des sciences.* Université de Dschang, Cameroun
- GIEC (2006).** Guide pour l'inventaire national des gaz à effet de serre ; agriculture, foresterie
- Hakizimana, P., Masharabu, T., Bangirinama, F., Habonimana, B. et Bogaert, J. (2011).** Analyse du rôle de la biodiversité végétale des forêts de Kigwena et de Rumonge au Burundi. *Tropicultura*, 29(1), 28–38.
- ICRAF (2000).** Paths to prosperity through agroforestry. ICRAF's corporate strategy, 2001-2010. International Center for Research in Agroforestry, Nairobi
- International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development (2008).** Executive summary of the synthesis report. http://www.agassessment.org/docs/SR_Exec_Sum_280508_English.htm. Accessed on March 27, 2009
- Kumar, B.M., Nair, P.K.R. (2004).** The enigma of tropical homegardens. *Agroforest Syst* 61:135-152
- Leakey, R.R.B. (1996).** Definition of agroforestry revisited. *Agroforestry Today* 8:1.
- Mariën, J.N. (2009).** « Forêts périurbaines et bois énergie : quels enjeux pour l'Afrique centrale? » in de Wasseige, C. et coll, 2009.
- McNeely, J.A., Schroth, G. (2006).** Agroforestry and biodiversity conservation traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. *Biodivers Conserv* 15:549–554
- Millennium Ecosystem Assessment (2005).** Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- Miller, R.P., Nair, P.K.R. (2006).** Indigenous agroforestry systems in Amazonia: from prehistory to today. *Agroforest Syst* 66:151–164
- Muderhwa, P. (2011).** Etude de la croissance des arbres d'élites et évaluation de la quantité de carbone séquestré dans une chronoséquence par la méthode de l'arbre moyen : cas d'une plantation à *Acacia crassicaarpa* au Puits-Carbone IBI au Plateau des Batéké, *Mémoire d'Ingénieur, Inédit, Faculté des sciences agronomiques*, Université de Kinshasa, RDC, 75p.
- Muderhwa, P. (2012).** Analyse juridique, technique et organisationnelle de la production à la consommation de la dendroénergie dans le Bassin d'approvisionnement de la ville de Bukavu, *Rapport d'étude avec le Projet Filière Bois énergie du PBF/GIZ*
- Nair, P.K.R. (1993).** An introduction to agroforestry. Kluwer Academic Publisher, The Hague, The Netherlands
- Ouinavi, C., et Sokpon, N. (2008).** Traditional agroforestry systems as tools for conservation of genetic resources of *Milicia excelsa* Welw. C.C. Berg in Benin. *Agroforest Syst* (2008) 74:17–26
- Peyre, A., Guidal, A., Wiersum, K.F., Bongers, F. (2006).** Dynamics of homegarden structure and function in Kerala, India. *Agroforest Syst* 66:101–115
- Sanchez, P.A. (2002).** Soil fertility and hunger in Africa. *Science* 295: 2019-2020.
- Schroth, G., da Fonseca, G.A.B., Harvey, C.A., Vasconcelos, H.L., Gascon, C. and Izac, A.M. (2004).** Introduction: The role of agroforestry in biodiversity conservation in tropical landscapes. In: Schroth G, da Fonseca GAB, Harvey CA, Vasconcelos HL, Gascon C, and Izac AM (eds.) *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*, Pp. 1-14, Island Press, Washington DC, USA.
- Schure, J., Ingram, V., Akalakou-Mayimba, C. (2011).** Bois énergie en RDC: Analyse de la filière des villes de Kinshasa et de Kisangani. *Projet Makala - CIFOR, Kinshasa*

- Tchoundjeu, Z., Asaah, E.K., Anegbah, P.O., Degrande, A., Mbile, P., Facheux, C., Tsobeng, A., Atangana, A.R., Ngo Mpeck, M.L. et Simons, A.J. (2006).** Putting participatory domestication into practice in West and Central Africa. *Forests, Trees and Livelihoods* 16: 53-69.
- Torquebiau, E. (2007).** L'agroforesterie: des arbres et des champs. *Harmattan-CIRAD*, Paris
- Waston, P. (2001).** Focussing formal surveys. The use of rapid rural appraisail for designing a survey in Manland; Berlin.
- Zanne, A.E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D.A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S.L., Miller, R.B., Swenson, N.G., Wiemann, M.C., Chave, J. (2009).** Global wood density database. Dryad.

Utilisation de l'habitat par la faune sauvage en saison sèche : Cas de la Zone d'Intérêt Biologique (ZIB) 19 de Tchéboa dans la Région du Nord Cameroun

Zoalang M.V.P.¹ et Bobo K.S.²

(1) Ecole de Faune de Garoua, BP : 271 Garoua (Cameroun) / e-mail : vzoalang_2005@yahoo.fr
(2) Faculté d'Agonomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun

DOI : <http://doi.org/10.5281/zenodo.3518867>

Résumé

La présente étude, réalisée dans la Zone d'Intérêt Biologique de Tchéboa, Région du Nord Cameroun, a pour objectif global d'analyser l'utilisation de l'habitat comme espace vital par la faune sauvage. La méthodologie utilisée a consisté en une combinaison d'observations et d'enquêtes sur le terrain. La méthode de dénombrements pédestres par transects linéaires a été retenue afin d'évaluer le potentiel faunique et d'identifier les différentes activités anthropiques dans la zone d'étude. Les enquêtes, sous la forme d'entretiens semi-structurés, menées auprès des populations riveraines nous ont fourni un supplément d'informations, en particulier sur les habitudes alimentaires des herbivores recensés dans la zone. Par photo-interprétation, une image satellitaire de la zone a permis de caractériser les différents habitats afin d'étudier la sélection de ces derniers par les herbivores à travers l'indice de sélectivité de Manly et al. (1972). 62 observations, dont 17 directes et 45 indirectes, ont été faites pour un total de huit espèces herbivores (*Cercopithecus aethiops*, *Hippotragus equinus*, *Hystrix cristata*, *Lepus crawshayi*, *Ourebia ourebi*, *Phacochoerus aethiopicus*, *Procavia capensis* et *Tragelaphus scriptus*) réparties en cinq ordres et six familles ; la famille des Bovidae étant la plus représentée avec 68% d'observations

le long des 93,5 km de transects parcourus. La densité des groupes, estimée par la méthode de la Distance Perpendiculaire Moyenne, est comprise entre 0,51 groupe/km² pour *Hippotragus equinus* et 1,99 groupe/km² pour *Lepus crawshayi*. 4 habitats ont été identifiés dans la zone à savoir : la forêt claire de collines dominée par *Ficus sp*, la forêt galerie à *Anogeissus leiocarpus*, la savane arborée à *Terminalia macroptera* et la savane arbustive à *Detarium microcarpum*. Bien que les indices de sélectivité calculés n'indiquent pas une préférence significative des espèces animales recensées pour un habitat particulier; la savane arborée à *Terminalia macroptera*, avec 50% d'espèces pour un indice de sélectivité supérieur à 1, apparaît comme étant l'habitat le plus utilisé. Les résultats des enquêtes indiquent que 9 espèces végétales dont trois herbacées et six ligneuses, sont les plus consommées par la faune sauvage herbivore de la zone. 3 types d'activités anthropiques ont été identifiés à savoir : le pastoralisme, l'agriculture et le braconnage. Le pastoralisme et l'agriculture avec une fréquence de 57,69% et 34,62% respectivement apparaissent comme étant les activités les plus responsables de la fragmentation et de la réduction de l'habitat de la faune même si le braconnage y contribue de manière indirecte.

Mots clés : Activités anthropiques, Impacts, Nord Cameroun, Potentiel faunique, Sélection des habitats

Abstract

The current study, undertaken in the Biological Interest Zone of Tchéboa in the North Cameroon Region, aim at analyzing habitat use by wild fauna. The methodology consists of a combination of observations and the field survey. The pedestrian counting method by line transects was used to evaluate the fauna potential and identify the different anthropogenic activities in the studied area. The survey realized in the concern area help at enhancing information concerning food behaviors of herbivores counted in the zone. Interpretation of a satellite image of the area help us to illustrate the different habitats in order to study their selection by herbivores through the selectivity method of Manly et al. (1972). 62 observations,

17 of them direct and 45 indirect were made for a total of eight herbivore species (*Cercopithecus aethiops*, *Hippotragus equinus*, *Hystrix cristata*, *Lepus crawshayi*, *Ourebia ourebi*, *Phacochoerus aethiopicus*, *Procavia capensis* and *Tragelaphus scriptus*) shared by five phylum and six families ; Bovidae family is the most represented with 68% of observations along the 93.5 km of transects. The density of groups, estimated by the Distance method varies between 0.51 group/km² for *Hippotragus equinus* and 1.99 group/km² for *Lepus crawshayi*. 4 habitats were identified in the zone namely clear forest of hills dominated by *Ficus sp*, gallery forest with *Anogeissus leiocarpus*, savanna planted with

Terminalia macroptera and savanna dominated by *Detarium microcarpum*. Even if the calculated selectivity indices do not indicate a significant preference of the animal species recorded for a particular habitat, the savanna planted with *Terminalia macroptera*, with 50% of species for a selectivity index greater than 1, appears to be the most used habitat. Survey results indicate that nine plant species, three herbaceous and six

woody, are the most consumed by the herbivore wildlife in the area. 3 types of anthropogenic activities have been identified namely: pastoralism, agriculture and poaching. Pastoralism and agriculture with a frequency of 57.69% and 34.62% respectively appear to be the activities most responsible for the fragmentation and reduction of wildlife habitat, even if poaching contributes significantly indirectly.

Keywords : Anthropogenic activities, Impacts, Northern Cameroon, Wildlife potential, Habitat selection

1. Introduction

Le Cameroun est classé cinquième pays africain en termes de richesse biologique, après la République Démocratique du Congo, Madagascar, la Tanzanie et l'Afrique du Sud (Mc Neely, 1988). Les populations animales y sont estimées à environ 409 espèces de mammifères dont 14 endémiques, 165 espèces de reptiles, 916 espèces d'oiseaux dont 8 endémiques et environ 150 espèces migratrices, 200 espèces d'amphibiens dont 63 endémiques, plus de 1500 espèces de papillons et 9000 espèces végétales parmi lesquelles 156 endémiques (MINFOF, 2009). Depuis les indépendances, la nécessité de pérenniser les efforts de conservation a surtout été marquée par la création d'aires de conservation, la redéfinition des objectifs et des statuts des aires protégées, la sécurisation et l'aménagement desdites aires, ainsi que la mise en place d'un cadre réglementaire actualisé afin de prendre en compte les nouvelles données. Évaluée à 8% jusqu'en 1998, la superficie des aires protégées au Cameroun a sensiblement doublé après le sommet des Chefs d'Etats d'Afrique Centrale tenu à Yaoundé le 17 mars 1999 et consacré à la gestion durable des écosystèmes de cette sous région ; elle représente aujourd'hui environ 19,8% du territoire national (MINFOF, 2014). Les aires protégées se sont avérées comme un des outils les plus importants et les plus efficaces au monde pour sauvegarder la biodiversité (Bruner et al., 2001) en ce sens qu'elles protègent les espèces contre la plus grande menace qui soit : la perte de l'habitat. Cependant, à l'instar de la majorité des aires protégées du pays, la Zone d'Intérêt Biologique (ZIB) 19 de Tchéboa dans la Région du Nord Cameroun connaît une dégradation du fait de l'exploitation anarchique et illégale de ses ressources. En effet, exception faite des petits pays du rift tels que le Rwanda ou le Burundi, le Cameroun est le pays de la Sous-Région où le développement agricole est le plus important. Une telle situation, associée à une forte pression de la chasse, à une exploitation forestière ancienne et à un développement minier

plus récent, entraîne des pressions considérables sur les ressources naturelles. Selon Mduma et Sinclair (1994), l'écologie des herbivores est intimement liée à la végétation qui fournit entre autres, ressource alimentaire, ombre et quiétude. Pour ces mêmes auteurs, de tous les facteurs pouvant influencer les herbivores dans le choix de leur habitat, il semble que la disponibilité alimentaire soit le plus important. De ce qui précède, l'on se pose la question de savoir comment la dégradation de l'habitat influence-t-elle son occupation par la faune sauvage ?

L'objectif global de ce travail est d'analyser l'utilisation de l'habitat comme espace vital par la faune sauvage. De manière spécifique, il s'agit d'évaluer le potentiel faunique de la ZIB 19, de décrire l'occupation de l'espace par la faune sauvage, d'expliquer le degré de consommation des espèces végétales et d'évaluer l'impact des activités anthropiques sur l'habitat de la faune sauvage dans la zone.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Zone d'étude

La ZIB 19 de Tchéboa, située au Cameroun dans la Région du Nord, Département de la Bénoué, se trouve à cheval entre les Arrondissements de Ngong et de Touroua (figure 1); Avec une superficie de 214 000 ha, elle est comprise entre 8.7503° et 9.3394° Latitude Nord et 12.8787° à 13.4073° Longitude Est.

Le climat de la ZIB 19 est de type soudano-sahélien. La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 800 mm et 1000 mm ; le maximum de pluie se situant au mois d'août. Les températures moyennes annuelles varient entre 26°C et 32°C ; les maximales atteignant parfois 42°C (Olivry, 1985 cité par Onana, 1995). La ZIB 19 compte de nombreux cours d'eau dont la plupart sont intermittents et des lacs (Samb, 2008). La plupart des sols de la zone sont des sols tropicaux ferrugineux lessivés qui occupent les crêtes des collines, et des sols hydromorphes qui occupent les versants des collines et les vallées (Brabant, 1972).

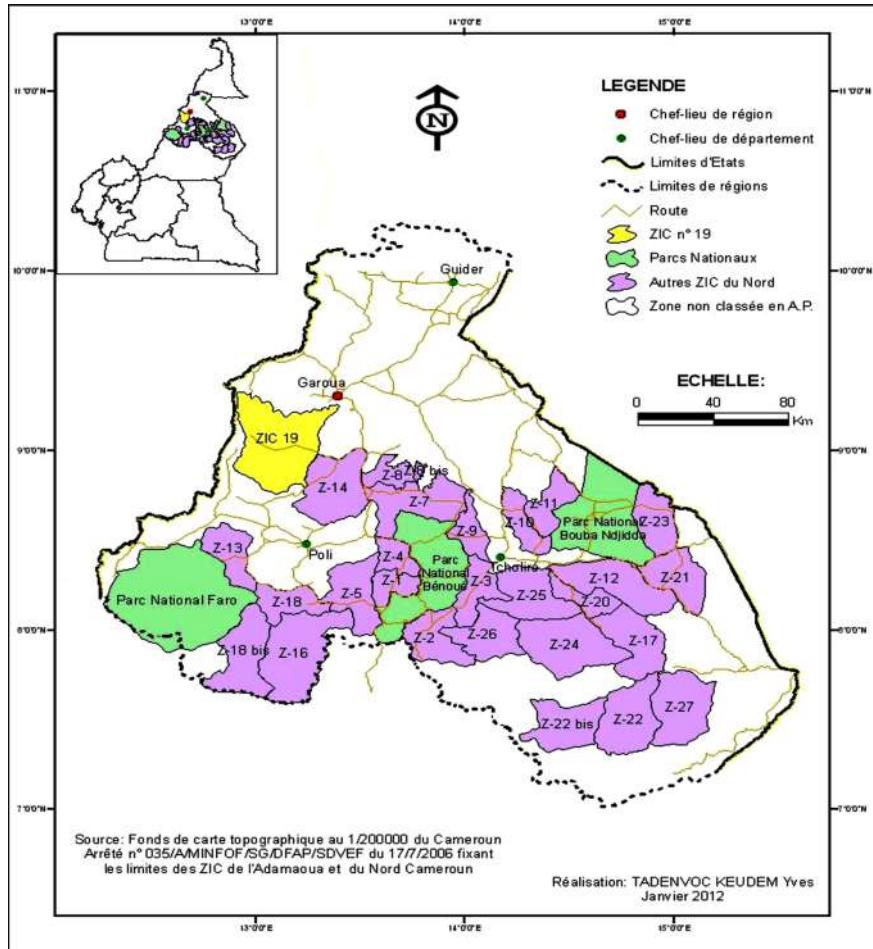


Figure 1: Localisation de la ZIB 19. Source : Tadenvoc (2012)

La ZIB 19 et sa périphérie possèdent une diversité faunique représentative des savanes d'Afrique Centrale. En effet, la zone abrite de nombreuses espèces et populations de mammifères, d'oiseaux et de poissons (WWF, 1998). Letouzey (1985) relève que la végétation de la ZIB 19 est de type soudanien caractérisé par des savanes arborées et/ou boisées et des savanes herbeuses.

2.2. Matériel et techniques de collecte des données

L'étude a été conduite dans la partie nord de la ZIB 19 de Tchéboabo pendant la saison sèche, de février à mars, période plus favorable aux observations directes de la faune après le passage des feux précoces. Ce site a été choisi du fait de sa représentativité par rapport à l'ensemble de la zone : on y retrouve en effet, plusieurs formations végétales et l'essentiel du potentiel faunique. Le logiciel Arcview GIS 3.2 a permis de

subdiviser systématiquement la zone en quadrats de 5 km x 5 km à l'intérieur desquels nous avons placé des transects de 5 km chacun (figure 2). Les données primaires quant à elles ont été obtenues sur le terrain à partir des dénombrements, des observations et des enquêtes (sur les activités alimentaires des animaux et les activités anthropiques). Nous avons, à cet effet, utilisé comme matériel : un GPS, une boussole, un sécateur, des planches à hercier, un télémètre, un appareil photo numérique, une paire de jumelles, des fiches de collecte des données et du matériel de camping.

2.2.1. Evaluation du potentiel faunique

Le dénombrement par transects linéaires à pied a été retenu afin d'évaluer le potentiel faunique de la zone d'étude. Cette technique utilise la mesure de la distance perpendiculaire d'un animal par rapport au

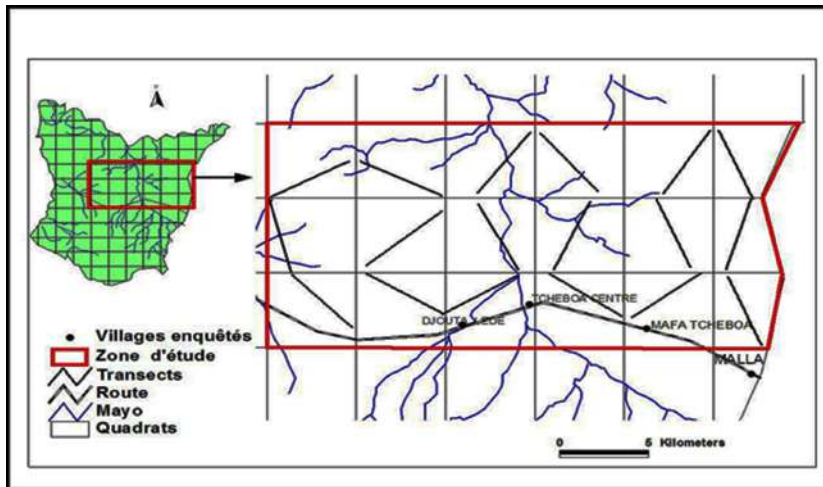


Figure 2 : Plan de dénombrement dans la ZIB 19

transect (Burnahm et al., 1980). Les transects ont été parcourus en matinée entre 7 heures et 12 heures et en soirée entre 14 heures et 17 heures. Les informations recueillies portent sur l'heure d'observation, les coordonnées géographiques du point d'observation, l'espèce animale, le nombre d'individus, la formation végétale et l'activité de l'animal au moment de l'observation.

2.2.2. Description de l'occupation de l'espace par la faune

Une caractérisation de la zone d'étude s'est avérée indispensable, afin d'identifier les différents types d'habitats dans la zone d'étude et de déterminer la représentativité des surfaces échantillonnées dans le cadre des dénombrements. Ainsi, une image Landsat 8 a été utilisée pour caractériser les différentes unités de végétation. L'utilisation différentielle de l'habitat par la faune a été déterminée à travers l'indice de sélectivité de Manly et al. (1972).

2.2.3. Explication du degré de consommation des espèces végétales par la faune sauvage

Pendant que se faisaient les dénombrements, des observations étaient faites sur les activités alimentaires des animaux. En complément de ces observations, des enquêtes ont été menées auprès des populations dans quatre villages riverains. Le guide d'enquête utilisé est relatif à l'utilisation de l'habitat par la faune sauvage et aux habitudes alimentaires des différentes espèces d'herbivores dans la zone d'étude. Le nombre très faible d'observations directes ne nous a pas permis de traiter des préférences

alimentaires des animaux sur la base des résultats des dénombrements. Nous avons cependant, à travers des enquêtes menées auprès des personnes réparties dans quatre villages riverains, pu établir une liste des espèces végétales consommées par quelques herbivores fréquemment rencontrés dans la zone d'étude. Les enquêtes ont été menées dans les villages Malla, Mafa Tchéboa, Tchéboa Centre et Djoutalede. Un échantillon de 20 personnes par village a été retenu soit au total 80 personnes, choisies de manière aléatoire, dont 70% d'agriculteurs et 30% d'éleveurs.

2.2.4. Evaluation de l'impact des activités anthropiques sur l'habitat de la faune sauvage

Au cours des dénombrements, les indices d'activités anthropiques ont été identifiés et les coordonnées géographiques prises afin de réaliser une carte de distribution de ces activités. La distance parcourue sur les zones brûlées y compris les champs a été mesurée afin d'évaluer l'impact des activités pastorales et agricoles sur l'habitat de la faune sauvage.

2.3. Traitement et analyse des données

Les cartes ont été réalisées avec le logiciel Arcview GIS 3.2. Les données d'inventaire de la faune ont été compilées et traitées avec le logiciel Excel. Le nombre d'observations étant insuffisant pour l'analyse avec le logiciel Distance, nous avons utilisé la Méthode de la Distance Perpendiculaire Moyenne (Burnham, 1980) pour estimer la densité des groupes d'animaux, et l'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA).

La densité des groupes (D_g) d'une espèce donnée est estimée en divisant le nombre total de groupes

Tableau 1 : Espèces animales recensées dans la zone d'étude

Ordre	Famille	Nom scientifique	Nom commun	Nombre d'observations	
				directes	indirectes
Artiodactyles	Bovidae	<i>Hippotragus equinus</i>	Hippotrague	1	13
		<i>Ourebia ourebi</i>	Ourébi	2	15
		<i>Tragelaphus scriptus</i>	Guib harnaché	3	8
	Suidae	<i>Phacochoerus aethiopicus</i>	Phacochère	0	5
Hyracoidés	Procaviidae	<i>Procavia capensis</i>	Daman des rochers	0	2
Lagomorphes	Leporidae	<i>Lepus crawshayi</i>	Lièvre à oreilles de lapin	2	0
Primates	Cercopithecidae	<i>Cercopithecus aethiops</i>	Singe vert	9	0
Rongeurs	Hystricidae	<i>Hystrix cristata</i>	Porc-épic à crête	0	2
			Total	17	45

Tableau 2 : Densités des groupes d'animaux recensés le long des transects

Espèces	<i>n</i>	<i>A_s</i>	<i>D_g</i>	<i>D_t</i>
<i>Hippotragus equinus</i>	1	1,96350	0,51	219
<i>Ourebia ourebi</i>	1	1,21550	0,82	353
<i>Tragelaphus scriptus</i>	2	1,82325	1,09	471
<i>Lepus crawshayi</i>	2	1,00045	1,99	859
<i>Cercopithecus aethiops</i>	2	1,84195	1,08	467

Tableau 3 : IKA des différentes espèces animales et de leurs indices de présence

Espèces	Nombre d'observations		IKA		
	Individus	crottes	individus	crottes	Total
<i>Hippotragus equinus</i>	1	13	0,01	0,14	0,15
<i>Ourebia ourebi</i>	2	15	0,02	0,16	0,18
<i>Tragelaphus scriptus</i>	3	8	0,03	0,09	0,12
<i>Phacochoerus aethiopicus</i>	0	5	0	0,05	0,05
<i>Procavia capensis</i>	0	2	0	0,02	0,02
<i>Lepus crawshayi</i>	2	0	0,02	0	0,02
<i>Cercopithecus aethiops</i>	9	0	0,10	0	0,10
<i>Hystrix cristata</i>	0	2	0	0,02	0,02
Total	17	45	0,18	0,48	0,66

observés (*n*) dans *m* transects par la superficie totale échantillonnée : (*A_s*). $D_g = \frac{n}{A_s}$ (Eq. 1)

La superficie totale échantillonnée est donnée par la formule : $A_s = \frac{\sum P_i}{n} \cdot 2 \cdot \sum L_i$ (Eq. 2)

Avec :

$\sum P_i$ = Distances perpendiculaires de *i* à *n* observations (km)

$\sum L_i$ = Longueur totale de *i* à *m* transects (km)

n = Nombre de groupes observés

En multipliant la densité des groupes (*D_g*) par la superficie (*A_t*) de la zone recensée, on obtient le nombre total de groupes (*D_t*) dans la zone de recensement : soit $D_t = D_g \cdot A_t$ (Eq. 3)

Même s'il ne permet pas de connaître nécessairement les densités d'animaux, l'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) conduit à la détection des variations de leur fréquentation dans une zone donnée. L'IKA est donné par la formule suivante :

$$IKA = \frac{n}{D} \quad (\text{Eq. 4})$$

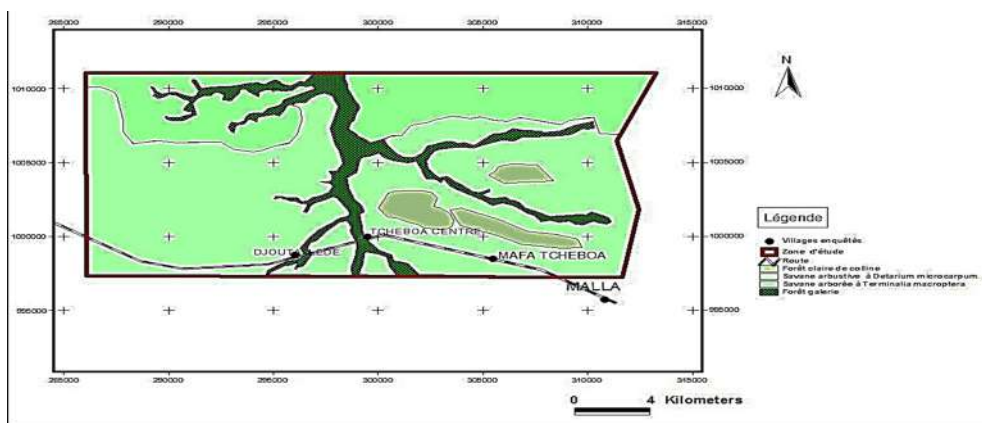


Figure 3 : Différentes formations végétales identifiées dans la zone d'étude. (Source : Image Landsat 8)

Tableau 4 : Proportion de la zone d'étude recouverte par chaque type d'habitat.

Habitats	Superficie (ha)	Proportion de la zone recouverte
Forêt claire de collines	1.798	0,04
Forêt galerie	3.993	0,09
Savane arborée à <i>Terminalia macroptera</i>	10.420	0,24
Savane arbustive à <i>Detarium microcarpum</i>	26.764	0,62
Total	42.975	~ 1

Tableau 5 : Calcul de l'indice de sélectivité de Manly et al. (1972)

Espèces	Habitats			
	FCC	FG	SAT	SAD
<i>Cercopithecus aethiops</i>	11,11	0	2,31	0
<i>Hippotragus equinus</i>	5,36	0	1,19	0,81
<i>Hystrix cristata</i>	0	0	0	1,61
<i>Lepus crawshayi</i>	0	0	0	1,61
<i>Ourebia ourebi</i>	0	1,96	1,22	0,85
<i>Phacochoerus aethiopicus</i>	0	2,22	1,67	0,64
<i>Procavia capensis</i>	25	0	0	0
<i>Tragelaphus scriptus</i>	0	6,06	0,38	0,59

Légende : FCC = Forêt claire de collines FG = Forêt galerie SAT = Savane arborée à *Terminalia macroptera* SAD = Savane arbustive à *Detarium microcarpum*

Avec

n = Nombre d'observations

D = Distance (km)

L'approche utilisée pour déterminer la préférence des animaux pour les différents habitats a consisté à calculer l'indice de sélectivité de Manly et al. (1972) donné par la formule $\hat{\omega} = \frac{u_i}{N \cdot p_i}$ (Eq. 5)

avec :

u_i = Nombre d'individus détectés dans le type d'habitat i

p_i = Proportion de la zone d'étude recouverte par le type d'habitat i

N = Nombre total d'individus détectés

Le nombre très faible d'observations directes ne nous a pas permis de traiter des préférences alimentaires des animaux sur la base des résultats des dénombrements. Nous avons cependant, à travers des enquêtes menées auprès des personnes réparties dans quatre villages riverains, pu établir une liste

Tableau 6 : Interprétation des résultats de la sélectivité des habitats

Espèces	Habitats			
	FCC	FG	SAT	SAD
<i>Cercopithecus aethiops</i>	+	-	+	-
<i>Hippotragus equinus</i>	+	-	+	-
<i>Hystrix cristata</i>	-	-	-	+
<i>Lepus crawshayi</i>	-	-	-	+
<i>Ourebia ourebi</i>	-	+	+	-
<i>Phacochoerus aethiopicus</i>	-	+	+	-
<i>Procavia capensis</i>	+	-	-	-
<i>Tragelaphus scriptus</i>	-	+	-	-

des espèces végétales consommées par quelques herbivores fréquemment rencontrés dans la zone d'étude. Les enquêtes ont été menées dans les villages Malla, Mafa Tchéboa, Tchéboa Centre et Djoutalede. Un échantillon de 20 personnes par village a été retenu soit au total 80 personnes, choisies de manière aléatoire, dont 70% d'agriculteurs et 30% d'éleveurs.

3. Résultats

3.1. Potentiel faunique de la ZIB 19

3.1.1. Inventaire des espèces animales

Les différentes espèces animales recensées lors des dénombrements pédestres par transects linéaires sont présentées dans le tableau 1. La famille des Bovidae est la plus représentée avec 68% d'observations. *Cercopithecus aethiops*, avec 53% des observations directes, est l'espèce la plus fréquente dans la zone.

3.1.2. Estimation de la densité des groupes d'animaux par la méthode de la Distance Perpendiculaire Moyenne

Les densités (D_g) des groupes des différentes espèces animales observées le long des 93,5 km (longueur totale des transects) sont présentées dans le tableau 2. *Lepus crawshayi*, avec 1,99 groupe/km², a la plus forte densité et *Hippotragus equinus* avec 0,51 groupe/km², la plus faible.

3.1.3. Calcul des Indices Kilométriques d'Abondance des animaux

Les IKA des différentes espèces animales et de leurs indices de présence recensés dans la zone d'étude, sur une distance totale de 93,5 km, sont présentés dans le tableau 3. Tous les IKA des observations aussi bien directes qu'indirectes sont extrêmement faibles (IKA < 0,2). La mauvaise qualité de l'habitat

de la faune en saison sèche dans la zone d'étude expliquerait la faiblesse des IKA.

3.2. Occupation de l'espace par la faune

Quatre types de formations végétales, considérés ici comme étant les différents habitats de la faune sauvage, ont été identifiés dans la zone d'étude (figure 3) à savoir: la forêt claire de collines dominée par *Ficus sp*, la savane arbustive à *Detarium microcarpum*, la savane arborée à *Terminalia macroptera* et la forêt galerie à *Anogeissus leiocarpus*. Les proportions respectives de la zone d'étude recouvertes par chaque type d'habitat sont consignées dans le tableau 4.

Le calcul de l'indice de sélectivité de Manly et al. (1972) dont les valeurs, pour chaque espèce ayant fait l'objet d'observations, sont présentées dans le tableau 5, ce pour chaque type d'habitat. Il permet de déterminer la préférence des animaux pour les différents habitats.

Sous l'hypothèse d'une absence de sélection de l'habitat, l'indice de sélectivité ($\hat{\omega}$) est égal à 1. $\hat{\omega}$ est supérieur à 1 si l'habitat est recherché (+) et inférieur à 1 s'il est évité (-). Le tableau 6 fournit une interprétation des résultats présentés dans le tableau 5.

3.3. Degré de consommation des espèces végétales dans la ZIB 19

La figure 4 récapitule les différentes espèces végétales avec pour chacune son taux de préférence qui est le pourcentage des espèces animales la consommant. *Andropogon gayanus*, avec un taux de préférence de 75%, est l'herbacée la plus prisée tandis que, *Azelia africana*, avec un taux de préférence de 87,5%, est le ligneux le plus prisé par les animaux d'après les enquêtes menées auprès des populations. Ces résultats ne tiennent pas compte uniquement de

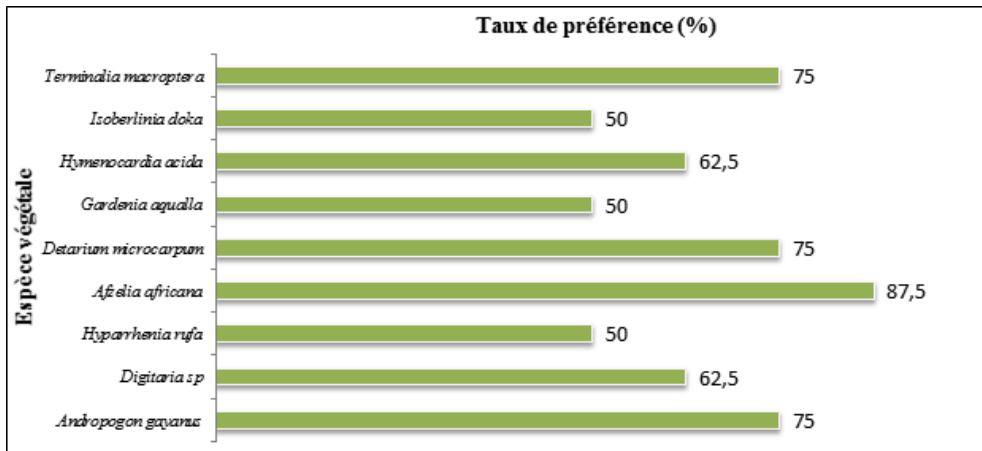


Figure 4 : Récapitulatif des préférences alimentaires des espèces animales

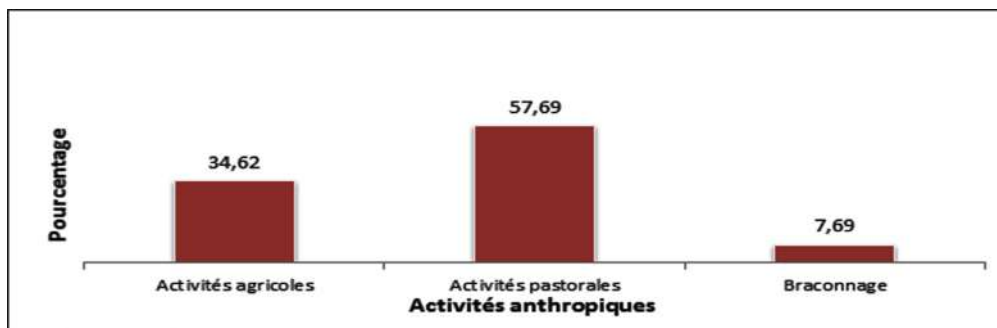


Figure 5 : Pourcentage des diverses activités anthropiques recensées dans la zone d'étude

la période pendant laquelle l'étude a été menée, mais davantage des habitudes alimentaires des espèces animales dans la zone d'étude.

3.4. Impact des activités anthropiques sur l'habitat de la faune sauvage

3.4.1. Activités anthropiques identifiées dans la zone d'étude

Divers indices d'activités anthropiques ont été recensés dans la zone d'étude et répartis en trois types différents à savoir : les activités agricoles, les activités pastorales et le braconnage. Les indices d'activités agricoles sont représentés par des champs et des campements d'agriculteurs, les indices d'activités pastorales par des troupeaux de bœufs, l'émondage des arbres et des campements d'éleveurs, et les indices de braconnage par des pièges et des carcasses d'animaux trouvées dans la zone d'étude. La figure 5 illustre le pourcentage des indices de chacune d'elles. Les indices d'activités pastorales, avec une proportion de 57,69%, sont les

plus abondants dans la zone d'étude ; tandis que les indices de braconnage, avec une proportion de 7,69%, sont les moins abondants.

3.4.2. Calcul des Indices Kilométriques d'Abondance des animaux en fonction de l'état de la zone

Le tableau 7 présente les IKA des animaux.

3.4.3. Distribution spatiale des activités anthropiques dans la zone d'étude

Les activités pastorales sont les plus fréquentes et se répartissent de manière plus ou moins homogène dans l'ensemble de la zone (figure 6).

4. Discussion

Le nombre relativement faible d'observations (62) pourrait être justifiée par la non disponibilité de l'habitat (Hall et al., 1997). En effet, en saison sèche, période au cours de laquelle l'étude a été menée, les conditions de vie sont peu favorables pour plusieurs espèces animales. Vounserbo (2014), qui a

Tableau 7 : IKA des animaux en fonction de l'état de la zone

	Zone brûlée	Zone non brûlée
Distance parcourue (km)	26,25	67,25
Nombre d'observations directes	3	14
Nombre d'observations indirectes	6	39
Nombre total d'observations	9	53
	IKA 0,34	0,79

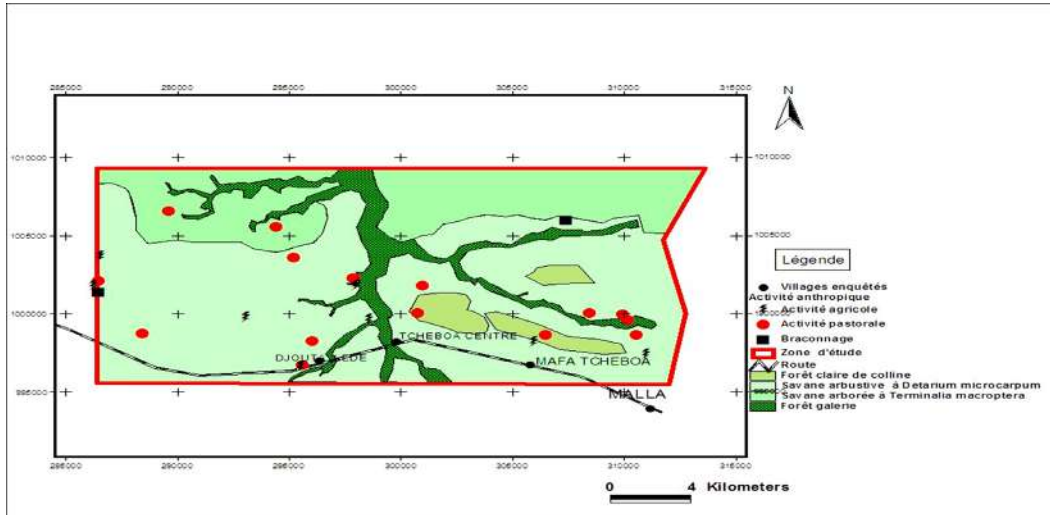


Figure 6 : Distribution spatiale des activités anthropiques dans la zone d'étude

travaillé dans la ZIB 19 en saison pluvieuse, relève que *Papio anubis* est, après *Hippotragus equinus*, l'espèce la plus observée dans la zone. Ce résultat est en contradiction avec celui trouvé dans le cadre de la présente étude et qui ne signale aucune trace de *Papio anubis*. L'absence d'observations de *Papio anubis* se justifierait par l'absence de l'eau dans la zone au moment de l'étude. Verwilghen (1999) fait remarquer que la présence de l'eau est un facteur prépondérant dans la répartition de ce singe. La relative faiblesse des densités des groupes d'animaux (<2 groupes/km²) témoigne de la faible fréquentation de la zone en saison sèche par les différentes espèces. Nous pouvons, à partir des différentes valeurs d'indice de sélectivité de Manly et al. (1972) obtenues, tenter une classification, en termes de préférence, des différents habitats utilisés par chacune des espèces animales recensées dans la zone d'étude. *Cercopithecus aethiops* utilise préférentiellement la forêt claire de collines ($\hat{\omega} = 11,11$) et la savane arborée à *Terminalia macroptera* ($\hat{\omega} = 2,31$). Cette espèce, à l'instar d'autres singes comme les colobes et les

patas, aurait une préférence pour les milieux fermés dans lesquels elle trouve repos et ressources alimentaires (Verwilghen, 1999). *Hippotragus equinus* recherche préférentiellement la forêt claire de collines ($\hat{\omega} = 5,36$) et la savane arborée à *Terminalia macroptera* ($\hat{\omega} = 1,19$). *Hippotragus equinus* aurait pour habitat préféré la savane à *Burkea africana* dans le Parc National de la Bénoué (PNB) au Cameroun selon Tsakem (1999). Cet auteur signale également la présence de *Hippotragus equinus* dans les formations âgées à *Terminalia macroptera*. La savane arbustive à *Detarium microcarpum* est recherchée par les espèces *Hystrix cristata* et *Lepus crawshayi* ($\hat{\omega} = 1,61$ pour l'une et l'autre). Ces deux espèces fréquentent généralement les milieux assez ouverts et se nourrissent, pour l'essentiel, dans les champs où elles dévastent les cultures. *Ourebia ourebi* recherche préférentiellement la forêt galerie ($\hat{\omega} = 1,96$) et la savane arborée à *Terminalia macroptera* ($\hat{\omega} = 1,22$). Verwilghen (1999), rapportant les résultats des travaux de Van Laviernen et Esser (1979), fait remarquer qu'il n'existe pas de préférence significative d'habitat

pour cette espèce au Parc National de Bouba Ndjidda (PNBN) au Cameroun ; même si l'*ourébi* fréquente très souvent les savanes arborées à *Terminalia laxiflora* et celles à *Isobertinia doka*.

Les habitats préférentiellement recherchés par *Phacochoerus aethiopicus* sont la forêt galerie ($\hat{\omega} = 2,22$) et la savane arborée à *Terminalia macroptera* ($\hat{\omega} = 1,67$). La majorité des indices de présence du *Phacochoerus aethiopicus* a été faite en savane arbustive à *Detarium microcarpum*. Cependant, en rapport avec la superficie couverte par cet habitat dans l'ensemble de la zone d'étude, la savane arbustive à *Detarium microcarpum*, ne constitue pas un habitat recherché par *Phacochoerus aethiopicus*. La forêt claire de collines est l'habitat recherché par *Procavia capensis* ($\hat{\omega} = 25$). Même si le nombre d'observations paraît insuffisant pour pouvoir tirer des conclusions précises, ce qui est d'ailleurs le cas pour les autres espèces, la fréquentation de cet habitat et la superficie couverte par ce dernier dans l'ensemble de la zone d'étude indiquent une certaine préférence pour la forêt claire de collines. *Tragelaphus scriptus* a pour habitat préféré la galerie forestière ($\hat{\omega} = 6,06$). Le *Guib harnaché* est une espèce inféodée aux milieux fermés avec une végétation dense. Sa préférence pour la galerie forestière est d'ailleurs confirmée par de nombreux auteurs (Tsakem, 1999 ; Verwilghen, 1999).

L'importance de chacune des espèces végétales, considérée comme étant le taux de préférence, a été mesurée en fonction du nombre d'herbivores la consommant (Verwilghen, 1999). Pour les herbacées, *Andropogon gayanus* est largement préférée (taux de préférence de 75%) par les pousseurs comme le confirme la classification des espèces fourragères effectuée par Onana (1995). En effet, l'auteur estime que la valeur fourragère d'*Andropogon gayanus* est très bonne, ce qui justifierait que cette espèce soit largement consommée par *Kobus kob kob*. *Afzelia africana* est la ligneuse au plus fort taux de préférence (87,5%). Verwilghen (1999), récapitulant les espèces végétales consommées par les herbivores au PNB, classe *Afzelia africana* en tête avec 18 observations alimentaires suivi d'*Isobertinia doka* avec 11 observations alimentaires.

Les activités pastorales, avec une fréquence de 57,69%, sont les plus répandues dans la zone d'étude et sont l'œuvre, en grande partie, des éleveurs nomades. Les activités agricoles, avec une fréquence de

34,62%, constituent une grande menace à l'intégrité de la ZIB 19. Même si au regard de la distribution spatiale des activités anthropiques dans la zone d'étude (cf. figure 6) l'agriculture reste concentrée à proximité des zones d'habitation, elle gagne du terrain au fil des années comme le rapportent les études antérieures menées dans la zone (Tadenvoc, 2012 ; Vounserbo, 2014). La faible fréquence du braconnage (7,69%) pourrait laisser croire qu'il ne constitue pas une véritable menace pour la survie des espèces animales. En réalité, même si le braconnage impacte indirectement sur l'habitat de la faune sauvage, il n'en demeure pas moins l'une des causes majeures de la disparition de nombreuses espèces animales.

5. Conclusion

Les études sur l'utilisation de l'habitat par la faune sauvage dans la ZIB 19 de Tchéboa sont peu nombreuses et le plus souvent superficielles. En effet, jusqu'alors, l'utilisation de l'habitat ne s'est appuyée que sur les données de présence/absence des espèces animales dans les unités de végétation sans analyse particulière d'une possibilité de sélectivité des différents habitats. La présente étude, avec pour objectif d'analyser l'utilisation de l'habitat comme espace vital par la faune sauvage, permet d'améliorer les connaissances sur la sélection de l'habitat par les espèces animales en saison sèche. A l'issue des dénombrements pédestres par transects linéaires et des enquêtes sur le terrain, la savane arborée à *Terminalia macroptera*, avec 50% d'espèces animales pour un indice de sélectivité supérieur à 1, semble être l'habitat le plus utilisé. La problématique essentielle de la sélection de l'habitat abordée dans cette étude donne une ouverture sur la question des causes probables de la disparition de certaines espèces animales de la zone d'étude. En effet, tout en admettant une fragmentation certaine de l'habitat de la faune sauvage du fait des activités anthropiques, l'hypothèse selon laquelle la disparition des espèces animales serait imputable à une modification de certaines variables environnementales n'est pas à exclure. Pour une approche individuelle de la sélection de l'habitat, il semble que le suivi en temps réel des animaux (à l'aide de balises radio par exemple) soit l'idéal. Ici, sont mesurées à la fois, pour chaque animal, l'utilisation et la disponibilité des habitats. Une étude de ce type, même si elle nécessite d'importants moyens humains et matériels,

permettrait d'avoir des informations précises sur l'utilisation de l'habitat par la faune avec un gain de temps considérable.

Bibliographie

Brabant, P. (1972). Notice explicative de la carte pédologique de reconnaissance du Cameroun. N°62 : *Feuille de Rey-Bouba*. Paris : ORSTOM. 97 p + carte au 1/200000.

Bruner, A.G., Gullison, R.E., Rice, R.E. et Fonseca, G.A. (2001). Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science*, 291: 125-128.

Burnham, K.P., Anderson, D.R.E. et Laake, J.L. (1980). Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife monographs*. 202 p.

Hall, I., Kraussman, P. et Morrison, M. (1997). The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin*, 25 : 173-182.

Letouzey, R. (1985). Notice de la carte phytogéographique du Cameroun au 1/500.000 : *domaine sahélien et soudanien*. 25 p.

Manly, B., Miller, P. et Cook, L. (1972). Analysis of a selective predation experiment. *American Naturalist*, 106 : 719-736.

McNeely, J.A. (1988). Economic and Biological Diversity: developing and using economic incentives to conserve biological resources. *Gland, Suisse*.

Mduma, S.A. et Sinclair, A.R. (1994). The function of habitat selection by Oribi in Serengeti, Tanzania. *African Journal of Ecology*, 25 : 16-29.

Ministère des Forêts et de la Faune (MINFOF) (2014). Aires protégées du Cameroun et animaux intégralement protégés. *MINFOF, Yaoundé, Cameroun* : 14 p.

Ministère des Forêts et de la Faune (MINFOF) (2009). Outils nécessaires à la mise en œuvre d'un système de suivi écologique pour les aires protégées du Cameroun. Tome 1. *Rapport final*. Yaoundé-Cameroun. 143 p.

Onana, J. (1995). Les savanes soudano-sahéliennes du Cameroun : analyse phytoécologique et utilisation pastorale. *Thèse de doctorat*. Université de Rennes I. 155 p.

Samb, M. (2008). Relations entre la zone de chasse de Tchéboa (ZIC 19) et les populations périphériques. *Mémoire DESS*, Université de Dschang Garoua. 80 p.

Tadenvoc, Y. (2012). Etat actuel d'occupation des sols dans la Zone d'Intérêt Biologique de Tchéboa. *Mémoire de Master en géomantique*. Université de Ngaoundéré. 130 p.

Tsakem, C.S. (1999). Contribution à l'aménagement du Parc National de la Bénoué et au développement des Zones d'Intérêt Cynégétique à cogestion N°1 et N°4 au Nord Cameroun. *Mémoire de DES en gestion des ressources animales et végétales en milieux tropicaux*. Université de Liège. 68 p.

Verwilghen, A. (1999). Etude de l'influence du feu sur l'utilisation de l'habitat par les grands herbivores au Parc National de la Bénoué, Nord Cameroun. *Mémoire de Diplôme d'Ingénieur en Agronomie Tropicale*, ENGREF. 77 p.

Vounserbo, E. (2014). Evaluation du potentiel et distribution de la faune dans la ZIB 19 de Tchéboa (Nord-Cameroun). *Mémoire de Master en analyse des populations des espaces fauniques*. Université de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. p 5-25.

World Wide Fund for Nature (WWF) (1998). Abondance, distribution et biomasse de quelques grands mammifères dans le Parc National de la Bénoué. *Rapport Projet Savanes du Nord, Cameroun* : FAC, MINEF, WWF. 48 p.

Itinéraire stratégique de production et de commercialisation des champignons comestibles pleurotus au Cameroun par la CoopSDEM COOP-CA

Djomene Y.S.¹, Foudjet E.A.² et Ninkwango T. A.³

- (1) CoopSDEM COOP-CA, Yaoundé, Cameroun / e-mail :yanikdjomschoo@yahoo.fr
(2) CRESA Forêt-Bois, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun
(3) MINADER-Programme d'Appui au Développement de la Filière Champignon, Obala, Cameroun

DOI : <http://doi.org/10.5281/zenodo.3518873>

Résumé

L'étude réalisée au sein de la CoopSDEM COOP-CA (Société coopérative avec Conseil d'Administration pour le Développement Durable des Champignons Comestibles) et auprès de ses partenaires techniques et financiers, a permis de décrire les itinéraires technique et stratégique de production et de commercialisation des champignons comestibles pleurotus, de ses semences et sous-produits au Cameroun. Les données qualitatives et quantitatives ont été obtenues auprès de 42 cultivateurs de champignons comestibles pleurotus, de 44 importateurs et vendeurs de champignons comestibles et auprès de 97 consommateurs des espèces et variétés de champignons comestibles commercialisés. Les résultats obtenus auprès des enquêtés montrent que, les procédés techniques et les stratégies mis en œuvre par la CoopSDEM COOP-CA permettent de disposer des biens et services de qualité, produit selon les Bonnes Pratiques d'Hygiène (BPH) et les Bonnes Pratiques de Fabrications (BPF) en vigueur. Il s'agit notamment de l'utilisation des infrastructures (champignonnière et laboratoire) aux normes internationales, des équipements et matériels sophistiqués, du conditionnement/calibrage et scellage des champignons comestibles secs, effectués conformément aux BPH et aux BPF, de l'usage des emballages alimentaires labélisés et biodégradables, pour le conditionnement des carpophores secs, ce qui permet de conserver leurs qualités nutritives (protéines, sels minéraux et vitamines)

et gustatives, sans conservateurs. La principale matière première (raffes de maïs sèche non moisie) utilisée pour la production des carpophores pleurotus, permet à la fin du cycle de production, de recycler les gâteaux usagés, utile dans l'élevage et l'amendement des sols pauvres en humus.

Dans le souci de garantir la qualité microbiologique des champignons secs commercialisés, la CoopSDEM COOP-CA, effectue des analyses au moins une fois par semestre au Centre Pasteur du Cameroun. Les résultats obtenus auprès des enquêtés montrent que, les taux de rendement (19,2% à 45%) de la production de carpophores pleurotus et les taux de pertes après récoltes (48% à 25%) réalisés par chaque groupe de myciculteurs enquêtés, sont fonction des techniques de production (BPH et BPF), de la qualité des infrastructures, des équipements et du matériel utilisés. Les résultats obtenus auprès des enquêtés, montrent que les canaux de distribution des champignons comestibles pleurotus sont fonction du niveau de production des exploitants, de la taille du marché et des préférences des consommateurs. Il ressort des résultats obtenus à l'issue de l'analyse des données que, lorsque l'itinéraire technique de production et la stratégie de commercialisation des champignons comestibles pleurotus sont respectés, les charges d'exploitation sont totalement couvertes à la fin de la campagne et les charges fixes au bout de deux à cinq ans en moyenne, ceci en fonction de la taille du projet.

Mots clés : Champignons pleurotus, Stratégie de production, Commercialisation, Cameroun

Abstract

The study carried out at CoopSDEM COOP-CA (Cooperative Society with Board of Director for Sustainable Development of Edible Mushrooms) and his financial and technical partners, allowed one to describe strategic and technical itineraries of production and commercialization of edible mushrooms called pleurotus, as well as its seeds, and derived products in Cameroun. Qualitative and quantitative data have been obtained from 42 edible mushrooms

pleurotus producers, 44 import traders and sellers and also from 97 consumers of variable edible mushrooms commercialized. The results obtained from a sample survey show that strategies and technical process undertaken by CoopSDEM COOP-CA give way to high quality goods and services in accordance with Good Hygienic Practice (GHP) and Good Manufacturing Practice (GMP) in force. One can mainly name the use of infrastructures (mushrooms bed

and Laboratory) at the international standard, sophisticated material and equipments, conditioning, calibrating and packaging of dried edible mushrooms done in conformity with GHP and GMP, the use of biodegradable and labeled alimentary packing for dried carpophores conditioning that permits to keep their gustative and nutritive quality (proteins, mineral salts, and vitamins) without conservators. The main raw material (non mouldy clean sweep) used for the production of *pleurotus carpophores*, permits at the end of the production cycle to recycle used cakes, which is useful husbandry and fertilizer for poor humus contained soils.

In order to guarantee the microbiological quality of dried commercialized edible mushrooms, CoopSDEM COOP-CA orders laboratory analysis at least once a semester at Centre Pasteur Institute of Cameroon. Results of the laboratory test

from a sample survey show that the efficiency rate (19.2% to 45%) of *pleurotus carpophores* and the rate of losses after harvesting (48% to 25%) realized by each group of inquired mushrooms producers are function of technical production (GHP and GMP), also function of the infrastructural quality, equipments and material used. The results obtained from the sample survey show that the distribution channel of edible mushrooms *pleurotus* depend on production level of the farmers, the market size and consumers preferences. From the obtained results it falls out that when the technical production itinerary and the commercialization strategy of edible mushrooms are respected, the exploitation coast are completely covered at the end of the campaign and the fixed coast covered between two to five years in average, depending on the size of the project.

Keywords : *Pleurotus mushrooms, Production strategy, Commercialization, Cameroon*

1. Introduction

Les champignons comestibles sont considérés par certains nutritionnistes comme un « un trésor caché de la nature », car ils sont faibles en calories, riches en nutriments, faibles en sodium et contiennent des oxydants naturels, qui sont des atouts qui confèrent pleins de bienfaits pour notre santé (Emanuel, 2012). Les adeptes de la consommation des mets rares, ont une préférence pour les champignons comestibles, qui en plus de ses valeurs nutritives et de ses vertus diététiques et thérapeutique, lorsque bien cuisiné à un très bon goût (Krishnendu et al., 2016). Selon la légende, la culture des champignons remonte à la préhistoire. Mais de façon formelle, la chine reste considérée comme le berceau de cette culture avec l'espèce *Auricularia* qui est cultivé depuis 600 ans avant Jésus-Christ (Oie, 1993). En Europe, la culture des champignons se vulgarise à partir du XVII^{ème} siècle et se développe parallèlement aux progrès de la botanique. En Afrique, on a noté ces trois dernières décennies la volonté de certains Etats (Burundi, Tanzanie, Malawi, Zimbabwe, Nigeria, Cameroun, etc.) d'introduire et de vulgariser la culture des champignons auprès de leurs populations (Oie, 1993). C'est dans ce contexte que le gouvernement camerounais en coopération avec le gouvernement chinois, lance en 1992 le projet dénommé « Projet de formation et de vulgarisation en culture des champignons et de cultures maraichères d'Obala » ; ceci, dans le but d'une part d'améliorer le bien-être des paysans camerounais à travers une alimentation de bonne qualité, et d'autre part de diversifier leur sources de revenu par la production et la vente

des champignons comestibles dans les localités à écologie favorables (Modeste et Ninkwango, 2010). Le marché des champignons comestibles *pleurotus* au Cameroun est en situation d'oligopole, caractérisé par un faible nombre de vendeurs, l'interdépendance dans la prise de décision, les barrières à l'entrée et l'instabilité des quantités demandées et par conséquent l'instabilité des prix pratiqués. Les grandes surfaces de distributions (supermarchés) de champignons comestibles *pleurotus* sont situées à proximité des grandes surfaces de consommations (restaurants et hôtels) dans les grandes métropoles du pays (Djomene et al., 2017).

On enregistre un important marché potentiel pour la consommation des pleurotes dans les centres (diabétiques et végétariens) et services (pharmacies) de santé du Cameroun. Les exploitants agropastoraux, les industriels et les restaurateurs constituent une forte demande pour la consommation des intrants, des sous-produits et des résidus de productions de champignons comestibles *pleurotus*. Les champignons de couche sont de loin les espèces les plus cultivées dans le monde. Chaque année, le nombre de consommateurs augmente et le champignon comestible prend une place de plus en plus grande dans l'alimentation humaine.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Matériel

Le matériel durable nécessaire pour cette étude est constitué de : stérilisateur à pression normale, cuve sur foyer amélioré, casserole/bassine, arrosoir à pomme, bouteilles en verre, tubes à essai, balance,

thermomètre, instruments de mesures de 5 g/ml et de 40 g/ml. La figure 1 présente respectivement : étagères, autocuiseur, balance, concasseur électrique, bocaux en verre et arrosoir à pomme. Pour la réalisation de cette étude, les consommables utilisés dans le processus de production sont les suivants : semence mère, semence certifié de production de carpophores, substrat, chaux éteinte, tropik 720, urée, emballages en plastique polyéthylène/polypropylène, bois de chauffage, souches de pleurotes. La figure 2 présente les consommables de production (semences et champignons).

2.2. Méthodes

2.2.1. Techniques et paramètres de culture des champignons comestibles pleurotus

2.2.1.1. Techniques de culture des champignons comestibles pleurotus au Cameroun

La myciculture est pratiquée sur des substrats organiques obtenus des déchets agropastoraux. Si certaines espèces et variétés de champignons comestibles sont plutôt faciles à cultiver, d'autres



Figure 1 : (a) Etagères ; (b) Autocuiseur ; (c) Balance ; (d) Concasneur électrique ; (e) Bocaux en verre ; (f) Arrosoir à pomme



Figure 2 : (a) Raffles de maïs ; (b) Blanc mère ; (c) Calcaire ; (d) Fongicide (Tropik 720) ; (e) Pleurote en fructification ; (f) Milieu de culture sur grains de maïs

par contre exigent des techniques de cultures plus particulières (Boyer, 2010). Il existe plusieurs techniques de production des champignons comestibles *pleurotus*. On a la culture sur bûche et sur souche, la culture au sol dans des tranchés, la culture en plate-bande hors sol sur déchets agricoles composés et la culture par gobetage sur terre ou sur déchets agricoles composés (CSCI, 2013). Au Cameroun, la technique utilisée est la culture en plate-bande hors sol et sous abris sur déchets agricoles composés.

Le principe de culture consiste à obtenir le mycélium à partir des spores ou d'un fragment de tissu du carpophore désiré ; ensuite, conditionner le substrat mouillé dans des sachets plastiques polyéthylène ou polypropylène sombre de préférence; préparer le substrat conditionné, puis le refroidir à 30°C minimum et ensemercer ; ensuite exposer les ballottes ensemencées sur des étagères dans une salle obscure, pendant 15 à 30 jours en moyenne selon la zone écologique et enfin exposer les gâteaux de mycélium sur les étagères pour la fructification et la récolte (Ninkwango, 2007).

Une autre technique de culture rencontrée est, la culture par gobetage sur terre et/ou sur déchets agricoles composés. Le principe de culture par gobetage sur déchet agricole composés consiste à, conditionner, pasteuriser et refroidir le substrat, introduire ce substrat et la semence (blanc) dans un récipient désinfecté, de préférence en polyéthylène ou polypropylène perforé par la méthode d'alternance semence-substrat-semence ; ensuite ranger les conteneurs de substrat dans une salle obscure pour une période végétative de 15 à 30 jours en moyenne, et enfin procéder aux opérations pour la fructification et la récolte des carpophores *pleurotus* (Peter et al., 2014).

2.2.1.2. Paramètres de culture des champignons comestibles pleurotus au Cameroun

Plusieurs paramètres influencent la bonne croissance et le bon développement des espèces de champignons comestibles cueillis et cultivés dans notre environnement, en particulier les champignons comestibles *pleurotus*. En incubation, la lumière n'est pas nécessaire, par contre pendant la fructification, il faut une légère aération dans la salle (CSCI, 2013). La température du milieu de culture doit osciller entre 20 et 30°C en incubation ; cette température doit chuter entre 10 et 16°C pour provoquer les fructifications.

Par contre, pour le développement des carpophores, la température doit se situer entre 15 et 25°C et l'idéal se situe entre 12 et 20°C. Le taux d'humidité pendant la période végétative doit être à son maximum, entre 90 et 95%. Pendant la fructification, ce taux doit connaître une légère baisse, entre 75 et 80%. Le taux de gaz carbonique doit être très élevé pendant la phase d'incubation et au début de la phase de fructification. Une fois que les primordiaux commencent à se former, il faut ramener ce taux à la normale entre 45 et 50%. En ce qui concerne la durée de formation des carpophores, les boutons se forment en 3 à 5 jours et la croissance à maturité du carpophore se fait en 5 à 8 jours lorsque toutes les conditions de cultures sont remplies (Ninkwango, 2016). Le producteur peut effectuer 3 à 4 récoltes par cycle de production, avec un espacement entre les volées de 5 à 10 jours en moyenne.

2.2.2. Stratégies de production et de commercialisation des champignons comestibles pleurotus

La figure 3 illustre des extraits de: séchoir à gaz électrique, comptoir d'exposition/vente des pleurotes, rayon de champignons comestibles dans un supermarché.

2.2.2.1. Stratégie de production des champignons comestibles pleurotus au Cameroun

Au Cameroun, plus de 80% de la production nationale de champignons comestibles *pleurotus* et de ses semences est produite par les organisations de producteurs, constitués en coopératives, en GICs et en associations. Près de 15% de la production nationale est réalisée par les ménages, qui exercent dans l'informel. Au Cameroun la majorité des cultivateurs de champignons comestibles et des multiplicateurs de semences, est membre d'un réseau de myciculteurs, localisé dans un chef-lieu d'Arrondissement, de Département ou de Région, fédéré par le PADFC (Programme d'Appui au Développement de la

Filière Champignon) du MINADER (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural) (Djomene et al., 2018). La CoopSDEM COOP-CA a mis sur pied depuis 2016 un réseau de myciculteurs, qui compte à ce jour 37 membres coopérateurs usagers, constitués majoritairement en Organisations de Producteurs.

Dans le souci de valoriser la qualité des champignons comestibles *pleurotus* et de ses semences, la CoopSDEM COOP-CA a développé un ensemble de procédures ayant débouché sur l'obtention d'un certificat sanitaire chaque semestre, délivré par le Centre Pasteur du Cameroun (CPC), d'une part et d'autre part, la délivrance d'un certificat d'exercice de l'activité semencière, délivré par la Direction de la Réglementation et du Contrôle de Qualité des Produits (DRCQ) du MINADER (Djomene et al., 2018). Afin d'assurer la qualité biologique des champignons *pleurotus* et sous-produits commercialisés, les pratiques liées à l'usage des conservateurs et des engrais chimiques sont proscrites parce que certaines denrées alimentaires composées d'acidifiants, d'acide citrique, de pesticides, d'additifs alimentaires, de médicaments vétérinaires et de résidus médicamenteux commercialisées au Cameroun, ont des effets néfastes dans l'organisme humain à moyen et à long terme.

2.2.2.2. Stratégie de commercialisation des champignons comestibles pleurotus au Cameroun

La production et la commercialisation des champignons comestibles *pleurotus* sont de plus en plus considérés comme des activités agricoles et économiques importantes des milieux rural et péri urbain du territoire nationale camerounais (Ninkwango, 2016). Face aux besoins sans cesse croissant des myciculteurs et des membres du réseau de la CoopSDEM COOP-CA, des adeptes de la consommation des champignons comestibles et de ses produits dérivés, une stratégie commerciale a été mise en place. Il s'agit de la valorisation des mets aux champignons lors des événements tels que : les cérémonies de mariages, de funérailles, d'anniversaires.

Des réunions de sensibilisation et séances de dégustations sont généralement organisées tous les trimestres dans les aires géographiques de culture de champignons comestibles *pleurotus*. Pendant les journées promotionnelles, les membres du réseau de la CoopSDEM COOP-CA diffusent les informations liées à la production et à la commercialisation des



Figure 3 : (a) Séchoir à gaz ; (b) Comptoir d'exposition/vente des pleurotes ; (c) Rayons champignons

champignons comestibles *pleurotus*, des semences et sous-produits, à partir des vidéos projecteurs et autres outils de communication (Djomene et al., 2017). Ce réseau assure la promotion et le marketing des champignons comestibles et ses vertus thérapeutiques, à travers l'organisation des réunions de sensibilisation pour chaque coopérateur usager, à travers l'organisation des réunions avec les vulgarisateurs du MINADER (chef PA, DDA) et autres acteurs de développement (MINSANTE (Ministère de la Santé), MINAS (Ministère des Affaires Sociales), MINPROFF (Ministère de la Promotion de la Femme et de la Famille), MINEPIA (Ministère de l'Élevage, des Pêches et de l'Industrie Animale), etc.).

3. Résultats

3.1. Groupes de producteurs de champignons comestibles *pleurotus* enquêtés

La figure 4 présente les groupes de myciculteurs enquêtés. Il ressort des résultats de l'analyse des données que, des 42 myciculteurs enquêtés, 14 constituent les Groupements d'Intérêts Communs (GICs), 3 constituent les coopératives et 9 constituent les associations/fédérations.

3.2. Caractéristiques de production des champignons comestibles *pleurotus* au Cameroun

Il ressort du tableau 1 que les champignons comestibles *pleurotus*, produits au Cameroun selon les BPH et BPF, ont un rendement plus élevé (plus de 45%) et sont très appréciés pour leur qualité nutritive et gustative. Par contre, les champignons comestibles produits de façon classique (non usage des BPH et BPF), sont moins rentables, très éphémères et moins appréciés par les consommateurs.

3.3. Rendement de la production des cultivateurs de carpophores *pleurotus* enquêtés

Les résultats de l'analyse des données présentés dans le tableau 2 montrent que, le taux de rendement de la production des carpophores comestibles *pleurotus* par rapport au poids du substrat pasteurisé, est principalement fonction de la technique de production (usages des BPH et BPF). D'autres facteurs, tels que la qualité des infrastructures, des équipements et du matériel utilisés, jouent un rôle fondamental pour l'amélioration du rendement de la production et pour la réduction des pertes après récoltes.

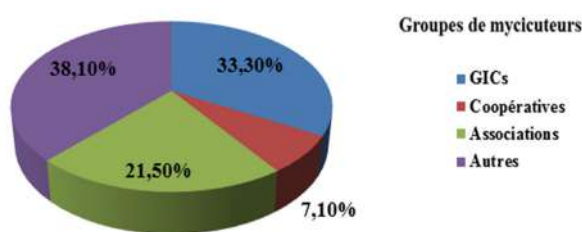


Figure 4 : Groupe de producteurs de champignons comestibles du genre *pleurotus* enquêtés

Tableau 1 : Caractéristiques de *pleurotus* produits selon les BPH et BPF et produits sans usage des BPH et BPF

N°	Caractéristiques	Usages des BPH et des BPF	Non usages des BPH et des BPF
1	Espèces de carpophores	<i>pleurotus</i>	<i>pleurotus</i>
2	Infrastructures	Laboratoire, 04 salles de cultures.	02 salles de cultures
3	Équipements/matériels	Flux laminaire, autocuiseur, fûts.	Box d'inoculation, fûts.
4	Principe de culture	Hors sol et sous abri	Hors sol et sous abri, gobetage
5	Séchage	Aromatiser, couleur claire	Absence d'arôme, couleur noir
6	Emballages (sachets)	Polypropylène labélisé et indélébile	Polyéthylène non labélisé
7	Stockage	Classés dans des cartons	Emballés dans les sacs plastiques
8	Circuit de distribution	Court et long	Direct, court et conso personnelle
9	Vulnérabilité	Absence de parasites et des moisissures	Présence des parasites et des moisissures
10	Débouchés	Marché local, national et international (supermarchés, restaurants et hôtels)	Consommation personnel, marché local (ménages)

3.4. Valeurs énergétiques et nutritionnelles des carpophores comestibles

Les informations illustrées dans le tableau 3 montrent que, pour 100g de champignons comestibles

Tableau 2 : Rendement annuel des catégories de cultivateurs de carpophores pleurotus enquêtés

Caractéristiques	Non usages des BPH et BPF avec 1 an d'expérience	Usages des BPH et BPF avec 2 ans d'expérience	Usages des BPH et BPF avec plus de 5 ans d'expérience
	Facteurs et intrants de production		
Genre de Carpophores produits	<i>Pleurotus</i>	<i>Pleurotus</i>	<i>Pleurotus</i>
Cycle de production	3	3	3
Terrain (m ²)	120	120	120
Champignonnière bâtie (m ²)	50 à 80	50 à 80	50 à 80
Capacité salle de récolte	750 gâteaux	750 gâteaux	750 gâteaux
Raffles sèches (kg)	2 500	2 500	2 500
Raffles pasteurisées (kg)	4 500	4 500	4 500
Semences certifiées (kg)	585	585	585
Eau (Litre)	2 500 à 3 000	2 500 à 3 000	2 500 à 3 000
Chaux éteinte (kg)	50	50	50
Fongicides (Litre)	1,2	1,2	1,2
Urée (kg)	5	5	5
Bois de chauffage (pousse)	14	14	14
Résultats obtenus			
Carpophores frais produit (kg)	864	1 215	2 025
Carpophores secs produits et vendu (kg)	44,9	79,5	151,9
Pertes post-récoltes moyen (kg) en secs	41,5 (48%)	30,4 (25%)	24,3 (12%)
Taux de rendement annuel (%)	19,2	27	45

Tableau 3 : Composition des acides aminés pour 100 g de pleurotus secs selon les BPH et BPF en vigueur

Acides aminés	Quantité (mg)	Acides aminés	Quantité (mg)
Acide aspartique	31,4	Tyrosine	13,3
Thréonine	17,1	Phénylalanine	15,2
Acide glutamique	53,3	Lysine	22,9
Glycine	17,1	Histidine	12,4
Alanine	28,6	Arginine	27,6
Cysteine	3,8	Tryptophane	4,8
Méthionine	3,8	Proline	15,2
Isoleucine	16,2	Serine	18,1
Valine	21,0	Total acides aminés essentiels	126,7
leucine	25,7	Total acides aminés	347,5

Source : Wang et al., 2001

pleurotus ostreatus secs, on enregistre 126,7 mg et 347,5 mg d'acides aminés essentiels et de l'ensemble des acides aminés respectivement.

Les informations illustrées dans le tableau 4 montrent que, pour 100g de champignons comestibles pleurotus secs, on enregistre 90,5 à 141 mg ; 62 à 107,8 mg et 1

474,2 à 1 551,7 mg de macros nutriments, de vitamines et de sels minéraux, respectivement. Le tableau 5 présente les résultats des différents paramètres analysés par le Centre Pasteur du Cameroun, pour 100g de carpophores *pleurotus* secs, produit par la CoopSDEM COOP-CA.

Tableau 4 : Composition de : macros nutriments, vitamines et sels minéraux pour 100 g de pleurotus secs

Macro nutriments	Quantité	Vitamines	Quantité	Sels minéraux	Quantité
Protéines (mg)	17 à 42	Thiamine (mg)	1,9 à 2	Potassium (mg)	1 400
Carbohydrates (mg)	37 à 48	Riboflavines (mg)	1,8 à 5,1	Calcium (mg)	2 à 36
Lipides (mg)	0,5 à 5	Niacine (mg)	30 à 65	Sodium (mg)	3
Fibres (mg)	24 à 31	Folâtes (mg)	0,3 à 0,7	Magnésium (mg)	9 à 17
Minéraux (mg)	4 à 10	Acide ascorbique	28 à 35	Zinc (mg)	3 à 27
Humidité/eau (%)	8 à 5			Fer (mg)	56 à 65
				Manganèse (mg)	0,5 à 3
				Cuivre (mg)	0,65
				Sélénium (mg)	0,011

Source: Wang and Ng., 2000; Mattila et al., 2006; Khan, 2010

Tableau 5 : Résultats de l'analyse bactériologique de 100 g de pleurotus secs par le Centre Pasteur du Cameroun

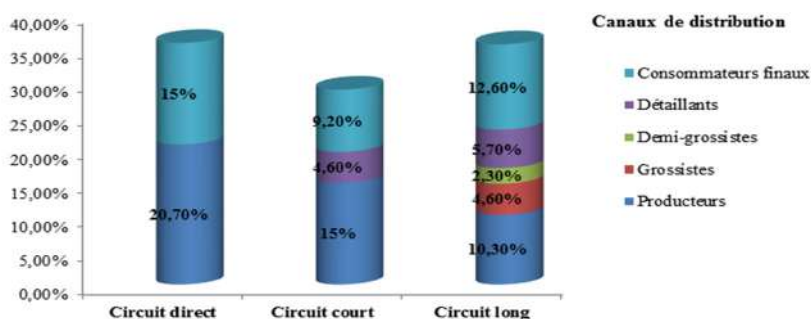
Paramètres analysés	Méthodes U.	Unité	Résultats	Critères microbiologique	Classement
<i>Escherichia coli</i>	NF ISO 16649-2	UFC/g	< 10	< 100	Satisfaisant
<i>Staphylocoques à C.P.</i>	NF EN ISO 6888-2	UFC/g	< 10	< 100	Satisfaisant
<i>Salmonella spp.</i>	NF EN ISO 6579	/25 g	Absence/25ml	Absence/25 ml	Satisfaisant
<i>Anaérobies sulfito R</i>	NF V08-061	UFC/g	< 10	< 100	Satisfaisant
<i>Levures et moisissures</i>	NF V08-59	UFC/g	1 300	< 10 000	Satisfaisant

Tableau 6 : Stratégie de commercialisation triennale des produits et sous-produits de champignons comestibles pleurotus, par les membres de la CoopSDEM COOP-CA

Désignation	2016		2017		2018	
	Prévision	Réalisation	Prévision	Réalisation	Prévision	Réalisation
Stratégies de commercialisation						
Participation foire/exposition	5	4	5	3	5	3
Recyclage des commerciaux	5	2	4	3	3	1
Recyclage des membres usagers	5	3	4	3	4	2
Confection Banderoles	4	1	3	RAS	3	RAS
Confection hall up	1	1	RAS	RAS	RAS	RAS
Confection flyers	3 000	300	3 000	125	2 000	250
Signature de conventions (A-V)	2	2	5	4	4	2
Rédaction et publication des Articles scientifiques	3	1	2	1	2	1
Formation des cadres MINADER	3	1	3	2	2	1
Résultats obtenus						
Taux de croissance clients/prospt	250%	204,7%	50%	31,9%	40%	29,1%
Taux de croissance vente carpo	100%	72,5%	-30%	-40%	30%	9,7%
Taux de croissance vente Blancs	RAS	RAS	300%	2 083%	25%	15,5%
Taux de croissance CA annuel	278%	238,9%	32,2%	153%	22,4%	14,6%

Tableau 7 : Résultat d'exploitation triennale d'un coopérateur usager de la CoopSDEM COOP-CA

Désignation	PERIODE		
	2015 (F CFA)	2016 (F CFA)	2017 (F CFA)
Carpophores frais produit et vendu (kg)	1 530	1 530	1 530
Prix de revient par kilogramme (kg)	1 500	1 300	1 000
Recettes des carpophores vendus	2 295 000	1 989 000	1 530 000
Recettes des semences certifiées vendues	1 300 000	1 300 000	1 300 000
Recettes des sous-produits vendus	-	-	-
Subvention de la production	-	606 000	1 115 000
Chiffre d'affaire (F CFA)	3 595 000	3 895 000	3 945 000
Achat de M.P./fournitures liées	312 500	312 500	312 500
Marge brute sur matière	3 282 500	3 582 500	3 632 500
Autres achats/charges	367 000	332 500	382 500
Services extérieurs	767 247	762 947	762 047
Impôt/taxes	197 725	214 225	216 975
Valeur Ajouté	1 950 528	2 272 828	2 270 978
Charges de personnel	1 060 000	1 060 000	1 060 000
Excédent Brut d'Exploitation	890 528	1 212 828	1 210 978
Dotations aux amortissements	311 967	311 967	302 967
Résultat d'exploitation	578 561	900 861	908 011
Participation des travailleurs	25 200	25 200	25 200
Impôts sur le résultat	192 661	299 987	302 368
Résultat net d'exploitation	360 700	575 674	580 443
Cumul RNE 2015, 2016 et 2017	1 516 817		

**Figure 5 : Canaux de distribution des champignons comestibles pleurotus dans la zone d'étude**

Il ressort des résultats qu'on enregistre moins de 10 UFC/g d'*Escherichia coli*, moins de 10 UFC/g de *Staphylocoques* à coagulase positive. Les mêmes résultats montrent qu'on enregistre une absence de 25 ml de *Salmonella spp.*

3.5. Stratégies et canaux de distribution des champignons comestibles pleurotus au Cameroun

Le tableau 6 présente la stratégie de commercialisation

annuelle des champignons comestibles pleurotus et sous-produits par les membres du réseau de la CoopSDEM COOP-CA. Il ressort que la stratégie de commercialisation des champignons comestibles pleurotus et sous-produits porte principalement sur les capacités techniques de ses acteurs, et sur la qualité des biens et services qu'ils proposent aux consommateurs.

3.6. Résultat net d'exploitation des cultivateurs de carpophores pleurotus enquêtés

Le tableau 7 montre que, en 2015, 2016 et 2017, l'un des coopérateurs usagers de la CoopSDEM COOP-CA, a réalisé une marge nette de 236 F CFA (0,36 euro/kg), 376 F CFA (0,57 euro/kg) et 379 F CFA (0,58 euro/kg) respectivement par kilogramme de carpophores pleurotus frais produit et vendu.

4. Discussion

Un extrait du rapport annuel du PADFC du MINADER montre que, en 2018 on a enregistré en moyenne 1 500 individus formés aux techniques de production des champignons comestibles pleurotus et des semences (Blanc) sur le territoire national. Au courant de la même année, on a enregistré 200 champignonnières fonctionnelles, exploités par les GICs (15%), les coopératives (1%), les associations et fédérations (22,5%), etc. les résultats de l'analyse des données obtenues auprès des enquêtés montrent que, les taux de rendement et de pertes après récoltes moyens de production de carpophores frais et secs de chaque groupe de myciculteurs enquêté ont des disparités significatives.

Les données obtenues auprès des enquêtés montrent que, le groupe des myciculteurs qui pratique les techniques classiques (non usages des BPH et BPF) de production de carpophores pleurotus, réalise un taux de rendement moyen annuel de 19,2%, pour un taux de perte post-récolte moyen de 48%. Par contre, le groupe de myciculteurs enquêtés ayant plus de cinq années d'expérience d'usages des BPH et BPF, réalise un taux de rendement moyen de production de carpophores pleurotus frais de 45%, pour un taux de pertes post-récoltes moyen de 12%, à la fin de la campagne. Ces différences sont caractérisées principalement par l'usage des techniques de production archaïques, par l'absence des infrastructures, des équipements et matériels de production et de commercialisation moderne. Lorsque les BPH et les BPF sont respectés, les exploitants dotés d'au moins 5 ans d'expérience peuvent réaliser des taux de rendements de production de carpophores allant jusqu'à 65 à 80%, dans les Régions du Nord-ouest et de l'Ouest, pour un taux de perte post-récolte de moins de 12%, à la fin de la campagne. Les mêmes résultats montrent que, les principes de séchage, de conditionnement et de stockage pratiqués par les myciculteurs, membres du réseau de la CoopSDEM COOP-CA, permettent

de disposer des champignons secs, dépourvus d'impuretés (absences de sable, de pierres, etc.), et riche en vitamines, en protéines, en sels minéraux, en carbohydrates et en fibres alimentaires.

Les champignons sauvages comestibles (termitomyces) secs, exposés sur les comptoirs des marchés, quant à eux, sont très souvent de qualité douteuse à cause de l'absence d'un itinéraire technique de production, de transformation et de conditionnement ; on y observe la présence du sable, de pierres, de poussière, des moisissures, des *Salmonella typhimurium*, etc. Les résultats des données montrent que, les stratégies BPH et BPF mis en place par la CoopSDEM COOP-CA, permettent d'améliorer la qualité et le niveau production des champignons comestibles pleurotus, des sous-produits et des services commercialisés. En guise d'illustration, les signatures de certaines conventions entre le maître d'ouvrage (MINADER-PADFC) et le maître d'œuvre (CoopSDEM COOP-CA) en 2016 et 2017, ont permis à ce dernier de réaliser 21,8 fois plus le chiffre d'affaire lié à la vente des semences en 2017, par rapport à l'année précédente. De même, le recyclage des membres du réseau de la CoopSDEM COOP-CA et la production des gadgets de publicité, ont permis de réaliser 2,8 fois plus le chiffre d'affaire total en 2017, par rapport à 2016. Par contre, la grande majorité des opérateurs de la filière, se contente de produire et de commercialiser les champignons comestibles pleurotus uniquement dans leur zone d'implantation, à cause de l'absence des capacités techniques et matériels adéquats pour faire face à la force de vente de leur concurrents. Les résultats de l'étude montrent également que, la distribution des pleurotus et des champignons de termitières secs dans la zone d'étude, se pratique à partir de deux principaux canaux. Il s'agit d'une part du circuit court, constitué en amont des producteurs et transformateurs et en aval des détaillants et des consommateurs finaux, d'autre part le circuit long, constitué en amont des producteurs et des transformateurs, et en aval des grossistes, des semi-grossistes, des détaillants et des consommateurs finaux.

Les résultats de l'analyse des données obtenues auprès des enquêtés montrent que, l'existence d'un itinéraire technique pour la production des pleurotus permet de faire des prévisions de production et de distribution pour un exercice comptable donné. Ce qui est presque impossible pour les champignons

sauvages comestibles, à cause des problèmes liés à leur saisonnalité, à leur périssabilité et leur caractère biologique.

5. Conclusion

Au terme de la présente étude, les données qualitatives et quantitatives obtenues, traités, analysés et interprétés, permettent de tirer les conclusions suivantes : il existe trois principales variétés de champignons comestibles pleurotus et blancs, cultivés par près de 200 myciculteurs, répartis sur le territoire Camerounais. La principale technique de productions des pleurotus est hors-sol et sous abris, à des paramètres de cultures propres à ceux des zones tropicales. Les techniques de productions des champignons comestibles pleurotus, de ses semences et des sous-produits, mises en œuvre par les membres du réseau des myciculteurs de la CoopSDEM COOP-CA, sont principalement caractérisés par le respect les Bonnes Pratiques d'Hygiène (BPH) et les Bonnes Pratiques de Fabrications (BPF). Pour faciliter une communication efficace et efficiente, valoriser l'image de l'offre et par-dessus-tout, pour pérenniser la demande, les membres dudit réseau, doivent planifier et adopter les stratégies de distributions et de services après-vente des champignons comestibles pleurotus, des semences et sous-produits, en fonction des goûts et préférences des consommateurs. Les résultats de l'analyse des données obtenues auprès des enquêtés montrent que, 78,5% des myciculteurs enquêtés sont membres de coopératives, de GICs, d'associations et de fédérations. Au sein de ces Organisations Professionnelles (OP), des activités autres que lamyciculture tels les productions de : *zeamays*, *theobroma cacao*, *coffea*, *musaxparadisiaca* ; et les élevages de : *sus scrofa domesticus*, *capriena*, *gallus gallus domesticus*, etc., sont menés. Les résultats de la même étude montrent que, les membres du réseau de la CoopSDEM COOP-CA réalisent un taux de rendement moyen de production de carpophores de 28%, pour un taux de pertes post-récoltes moyen de 34,3%, par rapport aux moyennes nationales de 22% et de 48%, respectivement. Selon les résultats des analyses du Centre Pasteur du Cameroun, lorsque les Bonnes Pratiques d'Hygiène (BPH) et les Bonnes Pratiques de Fabrications (BPF) sont respectés, les champignons comestibles pleurotus secs, commercialisés sont de qualités satisfaisantes, selon les critères microbiologiques analysés.

Les canaux de distribution des champignons comestibles *pleurotus* frais et secs, par les Organisations Professionnelles enquêtés, sont principalement le circuit court et le circuit long. Les résultats de l'analyse des données montrent que la myciculture est une activité rentable et prospère, car les charges liées au personnel et les autres charges de fonctionnement sont couvertes à la fin d'une campagne. De même, le délai de récupération de l'investissement réalisé est relativement de deux à cinq ans, en fonction de la taille du projet.

Bibliographie

Coopérative de Solidarité Cultur' Inov, CSCI. (2013). Champignons comestibles : les techniques de production en forêt. Québec : 162-A Miquelon, St Camille, Qc JOA 1 Go

Djomene Y.S., Ninkwango T.A. et Foudjet E. A. (2018). Technique de multiplication du blanc de trois espèces de champignons comestibles du genre pleurotus au Cameroun (cas de la CoopDEM COOP-CA). Yaoundé-Cameroun : *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, volume 10.p. 67-78, avril (2018). ISSN 2409-1693

Djomene, Y.S., Foudjet, A.E., Fon, D.E. et Ninkwango, T.A. (2017). La commercialisation des champignons comestibles au Cameroun. Yaoundé-Cameroun : *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, ISSN 2409-1693, volume 8. P. 65-71, Avril 2017.

Eyi, Ndong, H., Cognet, S., Degreef, J. et Bracke, C. (2008). Valorisation des champignons comestibles du Gabon: essai de mise en culture d'une souche sauvage locale de *lentinus squarrosulus* mont. In Vermeulen C et Doucet J. L., eds. *Les premières forêts communautaires du Gabon*. Genbloux-Belgique : Faculté universitaire des sciences agronomiques de Genbloux, 35.

Emanuel Vamanu (2012). Biological Activity of the Polysaccharides Produced in Submerged Culture of Two Edible Pleurotus ostreatus Mushrooms. Bucarest, Romania : Hindawi Publishing Corporation *Journal of Biomedecine and Biotechnology*. Volume 2012, article ID 5 65974,8p.

Eteki Eloundou Laurice Sege (2014). La compétitivité des entreprises camerounaise par l'innovation. Yaoundé-Cameroun. *MINRESI-Press*.

- Khan, M.A. (2010).** Nutritional composition and hypocholesterolemic effect of mushroom: pleurotus sajor-caju and pleurotus florida: *LAP Lambert Academic Publishing GmbH & co. KG: Saarbrucken, Germany* 1-11
- Krishnendu Acharya, Sandipta Ghosh and Sherya Ghosal (2016).** Pharmacognostic standardization of a widely explored medicinal mushroom, pleurotus ostreatus. West Bengal, India : *University of calcuttta press.*
- Modeste, A., et Ninkwango, T.A. (2010).** Production des champignons comestibles au Cameroun. Yaoundé-Cameroun : *Agence de Presse Xinghua.*
- Ninkwango, T.A. (2016).** Guide pratique de multiplication des semences de champignons comestibles du genre pleurotus. Yaoundé-Cameroun : MINADER Press.
- Ninkwango, T.A. (2013).** Rapport d'activité des organisations et de structuration du milieu. Yaoundé, Cameroun : *La Voix du Paysan*, 12p.
- Ninkwango, T.A. (2007).** Rapport de l'assemblée générale budgétaire 2006 du Projet de Développement de la Filière Champignon (PDFC) au MINADER. Yaoundé-Cameroun : *Jeune Afrique*, 72p.
- Oie (1993).** Croquer la vie par la consommation des champignons. Paris: *Presse Universitaire*, N° 125.
- Peter, Oei et Bram, V.N. (2014).** La culture des champignons à petite échelle: Pleurotes, Shiitakes et Auriculaires. Pays-Bas. *Fondation Agromisa et CTA presse.*
- Wang, H.N.T.B. (2000).** Isolation of a novel ubiquitin-like protein from pleurotus ostreatus mushroom with anti-human immune deficiency virus, translation-inhibitory and ribonuclease activity *biochem biophys Res commun* 276:587.593.

Enjeux socio-économiques et environnementaux de l'occupation des zones à risque d'inondation du bassin versant de l'Abiergué (Yaoundé-Cameroun)

Tchekote H.¹, Djofang N.P.², Ndongo B.³, Atekoa M.F.B.N.¹

(1) Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Dschang, Cameroun /
e-mail : herve.tchekote@univ-dschang.org

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

(3) Département du Génie Rural, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun

DOI : <http://doi.org/10.5281/zenodo.3518894>

Résumé

Dans les pays en voie de développement et au Cameroun en particulier, les principaux défis de la gestion des inondations sont liés à l'occupation des zones inondables. En effet, depuis quelques décennies, l'on assiste à une conquête intensive des dites zones par de nombreuses populations, ceci pour des raisons diverses, avec pour conséquences de nombreux dégâts après la survenance des inondations. Traitant de l'occupation de ces zones à risque dans le bassin versant de l'Abiergué à Yaoundé, le présent article pose l'hypothèse selon laquelle l'occupation des zones à risques d'inondation du bassin versant de l'Abiergué soulève d'importants enjeux socioéconomiques et environnementaux. Pour vérifier cette hypothèse, des recherches documentaires ainsi que des observations directes dans la zone d'étude ont d'abord été menées. Ensuite, des questionnaires d'enquêtes ont été

administrés auprès de 340 ménages. Enfin, des entretiens auprès des personnes ressources représentant les acteurs clés ont été menés. Les résultats de l'étude montrent que le développement agricole, la modification de l'écosystème du milieu, la pollution (atmosphérique, eaux de surface) et le risque de développement des maladies hydriques sont autant d'enjeux socio-économiques et environnementaux de l'occupation des zones à risque d'inondation du bassin versant de l'Abiergué. Pour remédier aux enjeux négatifs de cette occupation et prétendre à une gestion durable des zones à risque dudit bassin, l'aménagement des ouvrages de canalisation d'eau, le déguerpissement des quartiers anarchiques, la création des espaces verts et de loisirs, l'éducation et la sensibilisation des populations sont des mesures envisagées.

Mots clés : Enjeux socio-économiques, Enjeux environnementaux, Bassin Versant, risque d'inondation, Abiergué

Abstract

In developing countries, and in Cameroon in particular, the main challenges of flood management are related to the occupation of flood plains. Indeed, for some decades, there has been an intensive conquest of these areas by many populations, this for various reasons and with consequent, many damages after the occurrence of floods. Dealing with the occupation of these risk areas in the Abiergué watershed in Yaoundé, this article poses the hypothesis that the occupation of flood risk areas in the Abiergué watershed raises important socio-economic and environmental issues. To verify this hypothesis, literature searches as well as direct observations in the study area were first conducted. Then survey questionnaires were administered

to 340 households. Finally, interviews with resource persons representing the key players were conducted. The results of the study show that agricultural development, modification of the environmental ecosystem, pollution (atmospheric, surface water) and risk of development of water-borne diseases are all socio-economic and environmental issues of the basin occupation of flood risk areas in the Abiergué watershed. To address the negative issues of this occupation and claim sustainable management of risk areas of the basin, the development of water pipelines, the eviction of anarchic neighborhoods, the creation of green spaces and recreation, education and public awareness are considered measures.

Keywords : Socio-economic issues, Environmental issues, Watershed, flood risk, Abiergué

1. Introduction

Les catastrophes naturelles ont toujours existé et constituent un phénomène courant et récurrent dans l'histoire de l'humanité (Gbeassor et al., 2006 cité par Samari, 2011). Elles sont une préoccupation d'ordre mondiale, au vue du grand nombre de personnes affectées, de l'importance des pertes économiques liées et des pays frappés quel que soit leur niveau d'industrialisation (Riadh, 2005). La décennie 1990 a été marquée au niveau mondial par de nombreuses catastrophes naturelles dont la moitié d'entre elles sont des inondations (May, 2008, cité par Assogba, 2008). Il a été également noté pour les années 2000, une augmentation de l'importance des inondations avec plus de la moitié des événements entre 2004 et 2005. Durant la même période, près de 200 millions de personnes ont été affectées par les inondations et, 13 000 d'entre elles en sont mortes (Anh, 2012).

Le Cameroun comme de nombreux pays dans le monde est soumis à une diversité de risques naturels au rang desquels les inondations occupent une place importante (MINEPAT, 2002). Elles concernent surtout les Régions du Sud-ouest, Littoral, Centre, Nord-ouest, Nord et Extrême-Nord (MINATD, 2011). Elles sont de plus en plus fréquentes et dévastatrices à cause de la démographique galopante et de l'urbanisation anarchique. La ville de Yaoundé comme d'autres grandes agglomérations des Pays en voie de Développement (PED), n'est en reste, car la croissance urbaine ici est accompagnée d'une occupation anarchique de l'espace (MINDUH, 2008). En plus, son relief collinaire, jonché de vallées humides favorisent cette exposition aux risques d'inondation. Entre 1970 et 2016, 171 épisodes d'inondations ont causé de nombreux dégâts matériels, environnementaux et 70 cas de perte en vie humaine. Le bassin versant de l'Abiergusé est ainsi l'un des sous bassins du Mfoundi (principal cours d'eau qui traverse la ville) qui détient la plus grande fréquence d'inondation dans la ville de Yaoundé. Cette fréquence est de l'ordre de 7 à 13 inondations par an (Zogning, 2017).

Étant donné la fréquence des inondations dans le bassin versant de l'Abiergusé et la gravité des dommages qui en découlent, il est important d'aller au-delà de la cartographie et la modélisation des risques élaborées par Ngu (2016), pour soulever la question d'enjeux socio-économiques et environnementaux inhérente à l'occupation de ses zones par les activités anthropiques

et par conséquent envisager un aménagement durable de ces zones dites sensibles. L'étude dresse donc à la suite de ce questionnaire, un état des lieux de l'occupation des zones à risque d'inondation dans le bassin versant de l'Abiergusé, détermine les enjeux socio-économiques et environnementaux, pour enfin faire des propositions d'amélioration de la gestion de l'occupation desdites zones.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Zone d'étude

La délimitation des zones à risque d'inondation dans le bassin versant de l'Abiergusé, s'est appuyée sur les travaux effectués par Ngu (2016). Cette délimitation a pris en compte le positionnement des composantes physique et environnementale à partir d'une image à haute résolution et grâce aux fonctionnalités du logiciel ArcGIS 10.3. Les informations issues de cette délimitation ont été utilisées pour localiser les zones à risque sur la carte administrative de la ville de Yaoundé (figure 1). La figure 1 est composée de 3 cartes : La carte 1 représente le Cameroun ; la carte 2 représente le département du Mfoundi et la carte 3 le bassin versant de l'Abiergusé.

Il ressort de la figure 1 que les zones à risque d'inondation dans le bassin de l'Abiergusé se répartissent entre l'Arrondissement de Yaoundé 2 et l'Arrondissement de Yaoundé 7 dans le Département du Mfoundi. La zone à risque dans l'Arrondissement de Yaoundé 2 s'étend entre 3°55'28,344''-3°55'44,508''N et 11°29'30,12''- 11°29'36,96''E. Elle couvre les quartiers Cité Verte et Madagascar sur une superficie d'environ 4,45 ha, tandis que la zone à risque dans l'arrondissement de Yaoundé 7 s'étend entre le 3°54'0''- 3°55'0''N et 11°27'1,08'' - 11°25'06,96''E. Elle couvre les quartiers Nkolbisson, Nkolso'o et Oyom-Abang sur une superficie d'environ 105,7 ha.

2.1.2. Appareillage et Outils

L'étude a essentiellement exploité un dictaphone android pour l'enregistrement audio des interviews, un appareil photo de marque Samsung pour matérialiser les observations et un GPS de marque Garmin pour la prise des coordonnées géographiques de la zone.

2.2. Méthodes

L'étude s'est appuyée d'une part sur les données secondaires (articles, rapports, mémoires, thèses, etc.)

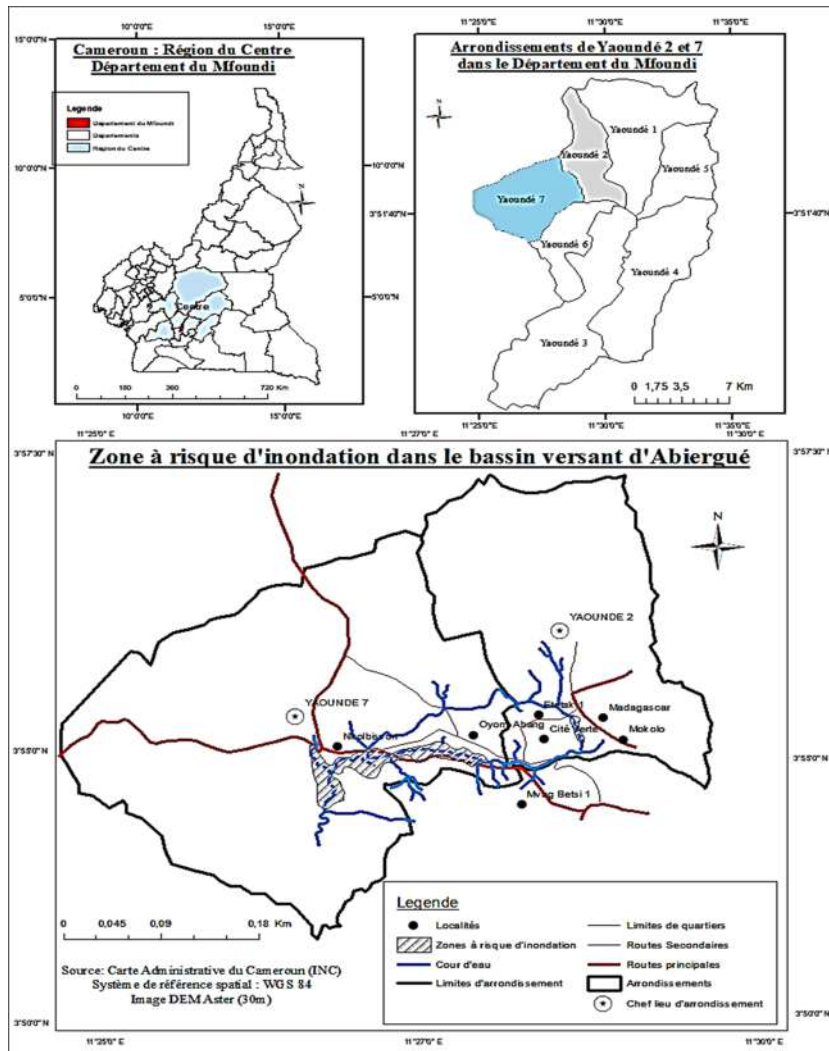


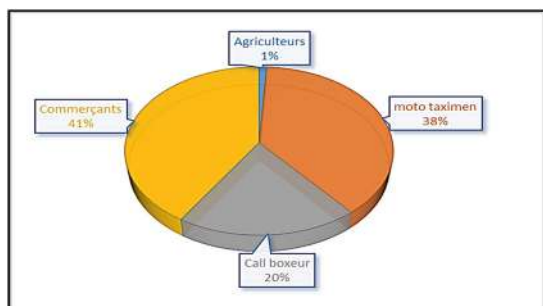
Figure 1 : Identification de la zone à risque d'inondation du versant de l'Abiergué dans les Arrondissements de Yaoundé 2 et 7

et d'autre part sur les données primaires obtenues à travers les observations directes et les enquêtes menées sur le terrain (enquête par questionnaire et entretiens semi-structurés). S'agissant des observations directes, elles consistaient à l'aide d'une image à haute résolution (Landsat) et aux fonctionnalités du logiciel Map me, à sillonner toutes les ruelles de la zone d'étude tout en identifiant les usages qui sont fait du sol et en levant au GPS tous les éléments environnementaux (biophysiques et/ou socioéconomiques) présents et les caractériser suivant leur utilisation. Les enquêtes ont concerné tous les ménages des 4 quartiers situés dans les limites géographiques des zones à risque d'inondation dont: Madagascar (85 ménages),

Nkolbisson (70 ménages), Oyom-Abang (150 ménages) et Cité Verte (35 ménages), soit un total de 340 ménages auxquels il faut ajouter les personnes ressources notamment les Chefs de Blocs, les Responsables des Communes Urbaines d'Arrondissement de Yaoundé et de la Communauté Urbaine de Yaoundé, les Responsables de la Direction de la Protection Civile et les Responsables de l'Inspection Générale au Ministère de l'Environnement de la Protection de la Nature et du Développement Durable. Les enquêtes ont consisté à recueillir les motivations de l'installation dans la zone, la procédure d'accès à la terre, les difficultés liées à l'occupation de la zone ainsi que les stratégies d'adaptation mise en œuvre en cas d'inondation.

Tableau 1 : Catégorie de bâtiments identifiés dans les zones à risque du bassin versant de l'Abiergué

Bâtiments dans les zones à risque	Nombre	Pourcentage %
Maisons d'habitation	300	78
Bâtiments commerciaux (entreprises, boutiques)	50	14,25
Bureaux administratifs (gendarmerie, sous-préfecture, etc.)	18	5
Infrastructures hospitalières (centre de santé)	1	0,25
Infrastructures agricoles	9	2
Établissements scolaires et académiques	2	0,50
Total	380	100

**Figure 2: Catégories d'acteurs du secteur informel dans les zones à risque d'inondation de l'Abiergué**

Par ailleurs, l'identification des enjeux socioéconomiques et environnementaux inhérents à l'occupation des zones à risque d'inondation dans le bassin versant de l'Abiergué s'est faite à l'aide de la matrice d'analyse FFOM (Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces).

3. Résultats

3.1. L'occupation des zones à risque d'inondation dans le bassin versant de l'Abiergué : une dynamique à usage multiple

Malgré son caractère de zone à risque d'inondation, le bassin versant de l'Abiergué est un espace multi-usages, entre espace bâti, dépotoirs d'ordures, espace cultivé et forêt urbaine.

3.1.1. Une omniprésence du bâti dans les zones à risque du bassin versant de l'Abiergué

Dans les zones à risque d'inondation du bassin versant de l'Abiergué, les constructions se font aussi bien dans les bas-fonds que sur les terrains à fortes pentes. Au total 380 bâtiments (construits et en construction) ont été identifiés dans cette localité. Ces derniers sont des bâtiments administratifs, éducatifs, commerciaux, religieux, sanitaires et majoritairement les maisons

d'habitation (tableau 1).

Il ressort du tableau 1 que 78% des bâtiments construits dans cette localité sont des maisons d'habitation. Celles situées du côté Nord de Nkolbisson sont pour la plupart des logements du personnel de l'Institut des Recherches Agricoles pour le Développement (IRAD), tandis que celles situées vers le Sud et localisées parfois à moins de 30 m du lit du cours d'eau appartiennent à des particuliers. Les matériaux utilisés par les particuliers pour la construction sont essentiellement des planches et des briques de terre. 72% des ménages interrogés justifient leur installation dans les zones à risque par leur faible niveau de revenus qui ne leur permettent pas d'acquérir une parcelle de terre sur des espaces considérés comme sans risque ou de payer un loyer ailleurs. 23% y vivent en tant qu'autochtones et n'ont nulle part où aller. Pour le reste des 5%, leur présence est motivée par leur intérêt à pratiquer l'agriculture dans les fonds marécageux. En effet, il ressort des enquêtes de terrain que les ménages installés dans les zones à risque sont principalement issus du secteur informel (figure 2).

De la figure 2, il ressort que 41% des personnes résidant dans les zones à risque du bassin versant de l'Abiergué exercent dans le petit commerce, 38% dans la conduite des motos/taxis, 20% en tant que vendeurs de crédits téléphonique (callboxeurs) et 1% comme agriculteurs/maraîchers.

En ce qui concerne les bâtiments administratifs on y retrouve notamment ceux de l'IRAD, le commissariat du 12^{ème} arrondissement et de la mairie de Yaoundé 7. Pour ce qui est des bâtiments éducatifs ce sont principalement ceux du Centre Régional d'Enseignement Spécialisé en Agriculture (CRESA) et de l'établissement scolaire maternel et primaire privée Génies Center.



Planche 1: (Photo 1 Déchets obstruant les cours d’eaux) ; (Photo 2 : déchets obstruant les voies de communication)

Tableau 2 : Catégorisation des déchets solides le long de la rivière Abiergué

Matériaux identifiés	Catégories de déchets solides	Types de déchets
Seringues, tuyaux de perfusions, boites de produits pharmaceutiques	Déchets hospitaliers	Non-biodégradables
Reste de repas, épluchures, bois vert	Déchets ménagers et assimilés	Biodégradables/ Compostables
Objets en plastiques (chaises, récipients, etc.)	Déchets ménagers et assimilés	Non biodégradables
Feuilles mortes	Déchets d’activités agricoles	Biodégradables/ Compostables
Boîtes de pesticides, sachets de pesticides/fongicides	Déchets d’activités agricoles	Non-biodégradables Dangereux
Pneus, bouteilles plastiques, bouteilles en verres	Déchets d’activités commerciales (boutiques, garages, etc.)	Non-biodégradables
Ferrailles	Déchets d’activités commerciales/ménagers	Non-biodégradables



Planche 2: (photo 3 et 4) Illustration des parcelles agricoles dans les zones à risque du bassin versant de l'Abiergué



Photo 5



Photo 6

Planche 3: (photo 5 et 6) Forêts urbaine à Eucalyptus dans les zones à risque d'inondation du bassin versant de l'Abiergué

3.1.2. Les zones à risque du bassin versant de l'Abiergué : un dépotoir d'ordures

Dans le bassin de l'Abiergué, les populations déversent leurs déchets dans les cours d'eaux, le long des dispositifs de canalisation, en bordure des cours d'eau ou sur les voies de communication. Ces déchets issus de leurs différentes activités (ménage, commerce, agriculture, etc.) encombrant ainsi les lits des cours d'eau. Ils modifient également de manière substantielle l'écoulement des eaux des rivières qui en stagnent contribuent à l'avènement des pollutions physiques, chimiques et biologiques des cours d'eau et de leur environnement (planche 1). Un inventaire des matériaux stagnants (déchets solides) a été réalisé sur une distance de 200 m le long du cours d'eau Abiergué (tableau 2).

Il ressort du tableau 2 que les déchets solides identifiés sont repartis en quatre (4) catégories à savoir : les déchets ménagers, les déchets hospitaliers, les déchets liés aux activités agricoles et les déchets liés aux activités commerciales. Par ailleurs, il a été noté que ces déchets se composent à plus de 50% des déchets non-biodégradables (seringues, récipients en plastique, sachets de pesticides, pneus de voiture, etc.), lesquels se retrouvent dans les marécages et les cours d'eau qui desservent le bassin versant. Les déchets solides ne sont pas les seuls à être évacués via les cours d'eaux, c'est le cas également de l'évacuation des excréta par les populations résidant en bordure des cours d'eau qui utilisent des latrines à canon essentiellement faits de puits aménagés. Dans certains cas, ces puits permettent d'évacuer les eaux

usées directement dans les cours d'eaux à l'aide des tuyaux. A ces déchets, s'ajoutent les huiles usagers issues des garages automobiles et motos.

Comme on peut le constater, le bassin versant de l'Abiergué malgré son caractère de zone à risque est un espace à usage multiples par un ensemble d'acteurs. Seulement, les modes de gestion qui y ont cours soulèvent des préoccupations en terme de durabilité, d'où la nécessité de déterminer les enjeux socioéconomiques et environnementaux liés.

3.1.3. Les zones à risque du bassin versant de l'Abiergué : un espace à usage agricole

Dans le bassin versant de l'Abiergué, l'agriculture est une activité fortement pratiquée dans les marécages. Elle se rapporte essentiellement au maraîchage.

Dans les quartiers Nkolbisson, Nkolso'o et Oyom-Abang, Cité verte et Madagascar 35 parcelles maraîchères ont été dénombrées. Celles-ci sont localisées en bordures des cours d'eau et constituent pour la plupart des parcelles de légumes et de laitues (planche 3).

On y retrouve également des parcelles agricoles installées pour des objectifs expérimentaux et scientifiques. C'est le cas des parcelles de riz, de maïs appartenant à l'IRAD, des pépinières de cacao, de café et de thé appartenant au MINADER et au Fonds de Développement des filières Cacao et Café (FODEC). Ces bas-fonds créent des emplois et répondent à une demande urbaine en légumes et produits horticoles divers. Ces zones ont pourtant un impact économique sur les populations qui y vivent. Toutefois, on convient

avec Yemmafouo (2014) qu'au-delà des procès qui sont fait à l'agriculture urbaine camerounaise, elle demeure un modèle socioculturel à intégrer dans l'aménagement urbain. Dès lors, la mise au point des stratégies de gestion de ces écosystèmes s'impose afin de garantir l'utilisation durable des marécages tout en posant les base de valorisation de l'agriculture urbaine et ainsi de lutter contre la recrudescence de la pauvreté et des inondations.

3.1.4. «Verdisation» du bassin versant de l'Abiergué par la Communauté Urbaine de Yaoundé comme marqueur foncier

En vertu de l'Article 3 de l'Ordonnance n°14-2 du 6 juillet 1974 fixant le régime domanial au Cameroun, les marécages à l'exception des plantations aménagées, les cours d'eau non navigables ni flottables dans les limites déterminées par la hauteur des eaux coulant à plein bord, les lacs, les étangs naturels et les lagunes dans les limites déterminées par la hauteur des plus hautes eaux font partie du domaine public fluvial. C'est donc à juste titre que la Communauté Urbaine de Yaoundé agissant au nom de l'État camerounais intervient dans le bassin versant de l'Abiergué. Elle y a procédé à la mise en place d'une forêt urbaine. Dans la zone, l'Eucalyptus domine les marécages sur des surfaces discontinues d'environ 6 ha au niveau de l'échangeur à Nkolbisson, du carrefour Tsimi et le long de la rivière Abiergué jusqu'au carrefour Cité verte (planche 3).

3.2. Enjeux socioéconomiques et environnementaux inhérents à l'occupation des zones à risque d'inondation du bassin versant de l'Abiergué

3.2.1. Le bassin de l'Abiergué : de l'occupation des zones à risque aux pollutions diverses

Dans les zones à risque, la mise en œuvre par les populations d'activités liées au bâti, aux garages, aux laveries mobiles ou encore aux latrines non viables et aux décharges sauvages d'ordures constituent des enjeux majeurs qui sont de surcroît négatifs à leurs occupations. Ces activités participent tant à la pollution olfactive (source potentiel de maladies pulmonaires), qu'à la pollution des eaux de surface en ce sens que les huiles et les autres déchets déversés dans les caniveaux sont transportés par les eaux de ruissellement jusque dans les rivières. C'est le cas aussi des latrines aménagées sur pilotis ou parfois à canon qui permettent d'évacuer directement les matières fécales dans les cours d'eau.

Pourtant ces cours d'eaux participent très souvent à l'approvisionnement des populations, servent dans le cadre des activités agricoles ou encore pour la lessive. Il faut aussi souligner qu'il arrive parfois que la section des cours d'eau soit réduite ou quelle subisse des déviations suite à la construction des bâtiments. On note également le remblai des marécages pour des fins de constructions. Ce qui vient à réduire le lit des cours d'eaux parfois de quelques mètres. L'utilisation des produits phytosanitaires dans les pratiques agricoles et l'aménagement d'espace verts et de loisirs ne sont pas en reste dans la dégradation des eaux de surface notamment les eaux douces. Les eaux douces ont une importance écologique capitale. Elles contribuent à la lutte contre les inondations en absorbant les excédents d'eau en saison de pluies et en constituant des réserves d'eau en saison sèche. Elles constituent également un habitat pour la faune aquatique et une source d'approvisionnement en protéines animales pour la population. Pour toutes ces raisons, il est judicieux de les préserver en luttant contre l'incivisme des populations dans l'évacuation de leurs déchets, principal facteur destructeur de la biodiversité. Toutefois, il faut dire que le développement de la foresterie urbaine durable et la création des espaces verts contribueraient d'avantage à atténuer l'effet des pollutions olfactives à travers la séquestration du carbone. Pour ce faire, le choix des essences à planter dans les forêts urbaines devra tenir compte de leur fort potentiel de séquestration.

3.2.2. Le bassin de l'Abiergué : de l'occupation des zones à risque aux modifications d'écosystèmes

Les décharges sauvages d'ordures, la mise en place des infrastructures économiques et la construction des latrines non viables dans les zones à risque d'inondation sont autant d'activités à enjeux négatif sur la ressource en eau de surface. En effet, les cours d'eaux constituent des dépotoirs d'ordures pour les ménages riverains. Ces déchets qui sont de nature non-biodégradables stagnent et réduisent le lit des rivières et lacs. La présence des déchets dans les rivières et lacs contribue à la baisse de la quantité d'oxygène nécessaire pour les ressources halieutiques. En plus, l'envahissement des cours d'eaux par les déchets non-biodégradables réduit leur capacité à recueillir les excédents d'eaux en saison des pluies. Tel est le cas du lac de Nkolbisson dont l'envasement entraîne la restriction du lit du cours d'eau et le débordement des eaux en saisons des pluies.

3.2.3. Le bassin de l'Abiergué : des enjeux sanitaires et sécuritaire des populations

L'occupation des zones à risque du bassin versant de l'Abiergué à travers le bâti, les infrastructures économiques et l'agriculture a un impact négatif sur la sécurité sanitaire des populations. En effet, les latrines de ménages à proximité des cours d'eaux sont pour la plupart des latrines à canon. Les déchets issus de ces latrines sont directement déversés dans les cours d'eaux. Ces eaux sont par la suite utilisées dans l'activité de maraichage pour l'arrosage des légumes ou laitues en vente au marché de Nkolbisson. Outre les latrines à canon, les infrastructures économiques (garages et les unités de laveries de véhicules) sont installées sans disposition d'une notice d'impact environnemental. C'est alors que les huiles usées, les pièces défectueuses de véhicules et les eaux usées sont directement déversées dans les cours d'eaux ou transportés par les eaux de ruissèlement.

3.3. Vers une gestion durable des zones à risque d'inondation dans le bassin versant de l'Abiergué

La gestion durable des zones à risque d'inondation passe par une meilleure prise en compte des enjeux socioéconomiques et environnementaux inhérents

à leur occupation. Pour ce faire, de nombreuses mesures ont été mises en œuvre par la Communauté Urbaine de Yaoundé. En s'appuyant sur l'analyse FFOM (forces, faiblesses, opportunités, menaces) et en se basant sur les enjeux socioéconomiques et environnementaux identifiés, des suggestions pour une amélioration de la gestion des zones à risque d'inondation ont été faites.

3.3.1. Aménagement des ouvrages de canalisation d'eau

Le Projet d'Assainissement de la ville de Yaoundé (PADY) est une initiative d'aménagement des ouvrages de canalisation des cours d'eau à Yaoundé. Il contribue de manière globale à l'amélioration de la santé des populations et à la réduction de la pauvreté en milieu urbain. Ceci à travers la réduction des effets des inondations qui perturbent les activités socio-économiques de la ville, plus particulièrement celles des quartiers précaires et pauvres qui couvrent 62% de la superficie de la ville. Dans le cadre de la mise en œuvre du PADY, les activités ont portées sur le curage des drains et des lits des cours d'eau ainsi que sur la construction du canal du Mfoundi. Le bassin versant de l'Abiergué est le sous bassin du Mfoundi qui détient la plus grande fréquence d'inondation

Tableau 3 : Présentation des facteurs de l'analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces

	Forces	Faiblesses
Interne	<ul style="list-style-type: none"> -Le Délégué du gouvernement auprès de la communauté urbaine est nommé par décret présidentiel ce qui facilite la mise en œuvre des décisions ; -L'existence des textes qui orientent le régime domaniale au Cameroun ; -L'engagement du gouvernement à mener des actions d'assainissement tel que le projet d'assainissement de la ville Yaoundé qui est à sa phase II. 	<ul style="list-style-type: none"> -Un manque d'entretien des ouvrages de canalisation mises en œuvre ; -Les textes législatifs liés à la protection de l'environnement et à l'aménagement du territoire ne sont pas assez vulgarisés au niveau local ; -Les responsables des infrastructures économiques ignorent la nécessité de réaliser une notice d'impact environnemental en vue de préserver l'environnement ; -Les textes du ministère de l'urbanisme proscrivent l'occupation des marécages mais ne disposent pas des moyens de répressions pouvant empêcher l'installation des populations dans un contexte de pauvreté ; -Les populations qui investissent dans les marécages n'ont pas de permis de bâtir.
Externe	<ul style="list-style-type: none"> -Des associations de jeunes s'investissent dans la protection de l'environnement sur la sensibilisation et l'éducation ; -Les zones à risque d'inondation offrent des opportunités pour réaliser des études dans le but de prévenir les inondations 	<ul style="list-style-type: none"> -L'incivisme des populations à travers la mauvaise gestion des déchets ; -La construction des infrastructures dans les zones marécageuses se fait suite au remblai du lit des cours d'eau ; -La promotion de la foresterie urbaine à Eucalyptus limite l'espace à la promotion du maraichage ; -La mise en œuvre des activités du PADY sont une menace à la survie des marécages.

soit 7 à 13 inondations par an pour un effectif de 23 inondations de 1970 à 2016. Seulement, avec la mise en œuvre du projet de canalisation du Mfoundi et ses affluents, on constate que durant la période 2008 à 2017, la fréquence d'inondation dans le bassin versant a considérablement diminué. Les statistiques produites par le PADY présentent une moyenne de 6,1 à 4,8 inondations par an entre 2008 à 2017. Malheureusement, ces efforts d'aménagement des

ouvrages par la Communauté Urbaine de Yaoundé font face à l'incivisme des populations qui continuent d'obstruer les exutoires d'eau avec le déversement de leurs déchets.

3.3.1.2. Information, éducation et sensibilisation des populations

La Communauté Urbaine s'investit également dans les actions d'information, d'éducation et de sensibilisation

Tableau 4 : Mise en relation des facteurs de l'analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces

		Approches internes		
		Liste des forces	Liste des faiblesses	Les forces permettent de maîtriser les faiblesses à travers :
		Pour maximiser les forces : -Les règles d'urbanisme doivent être respectées dans la gestion de l'occupation de l'espace. -Veiller à la bonne mise en œuvre des activités du PADY	Pour mitiger les faiblesses : -Procéder au curage régulier des ouvrages de canalisation ; -Le reboisement dans les espaces verts doit se faire avec des essences à usages multiples bénéfiques pour les populations ; -La gestion des déchets devrait s'étendre au tri et au traitement.	Les forces permettent de maîtriser les faiblesses à travers : -étroite collaboration entre les acteurs étatiques et les structures spécialisées dans le tri et le traitement des déchets ; -Les mairies de Yaoundé 2 et 7 doivent veiller à la réalisation des notices d'impacts par tous les promoteurs d'établissements ou de projets dans leurs circonscriptions respectives
Approches externes	Liste des opportunités	Pour tirer parti des opportunités en utilisant les forces : -Impliquer les populations particulièrement les associations de jeunes dans la pré collecte des déchets.	Pour corriger les faiblesses en s'appuyant sur les opportunités, il est nécessaire de : -Impliquer les populations dans le curage des ouvrages de canalisation ; - Planter des espèces à usages multiples dans les espaces verts (arbres fruitiers, les essences ornementales adaptés au territoire) ; -Informer, sensibiliser et former les jeunes et les femmes en particulier dans la collecte, le tri et la valorisation des déchets ménagers.	
	Liste des menaces	Pour réduire les menaces en utilisant les forces: -Employer des mesures punitives face à l'incivisme des citoyens dans la gestion des ordures.	Pour minimiser les faiblesses et les menaces il faut : -Entretien des ouvrages de canalisation ; -Valoriser les bas-fonds avec la culture du rotin, la pisciculture et le tourisme urbain ; -Introduire les arbres fruitiers qui pourront être économiquement rentables aux populations ; -Introduire les arbres à feuillages persistants en vue de limiter les effets du changement climatique; -Réduire la gestion des déchets dans la zone à la collecte et au ramassage	
		Les opportunités permettent de minimiser les menaces par : -La consultation et la prise en compte des résultats des études scientifiques menées dans la zone ; -La restauration du lac de Nkolbisson avec des initiatives de récréation, tourisme, emploi et piscicole.		

des populations. Ces actions sont mises en œuvre dans le cadre du projet d'assainissement de la ville de Yaoundé phase 2 à travers les campagnes de masse à l'endroit de toute la ville de Yaoundé, les campagnes de proximité dans les zones où la situation est critique en matière d'hygiène et assainissement, l'affichage des banderoles et la distribution des stickers. L'information des populations se fait à travers l'animation des émissions à la radio « Kùl Ongola » fréquence 95.5 sur les enjeux liés à l'hygiène et l'assainissement et à susciter une prise de conscience de la part des populations pour impulser un changement de comportement.

3.3.1.3. Déguerpissement des quartiers anarchiques

Le déguerpissement est une opération d'urbanisme qui a pour but de contribuer à la restructuration et la rénovation des quartiers anarchiques. S'agissant du cas des zones à risque d'inondation du bassin versant de l'Abiergué, les actions de déguerpissement se déroulent généralement après un épisode d'inondation. Cependant, bien que des croix de St André soient apposées sur les maisons pour signifier leur démolition, les populations y demeurent jusqu'à leurs déguerpissement par l'État ou jusqu'à un autre épisode d'inondation. Suite aux inondations d'avril 2008, les dispositions prises par la Communauté Urbaine de Yaoundé ont abouti au déguerpissement de près de 228 familles. Les populations sinistrées soit 1266 personnes ont été recasées à Nkoameyos sur un site de 20 hectares à diviser à part égale entre les habitations et les équipements. Outre le recasement des populations, la Communauté Urbaine assure l'approvisionnement en eau potable, la construction des latrines viables et le secours aux élèves.

3.3.1.4. La création des espaces verts et de loisirs

La création des espaces verts et de loisirs est une alternative de la Communauté Urbaine à l'occupation des zones à risque par les populations. En effet, après le déguerpissement, il arrive que de nouvelles personnes cherchent à s'installer dans la zone inondable. Mais, pour sécuriser cet espace et empêcher de nouvelles installations illégales et anarchiques, la Communauté Urbaine a entrepris la création des forêts urbaines à Eucalyptus. Les parcelles d'Eucalyptus s'étendent ainsi de façon discontinue sur une superficie de 6 ha dans les zones à risque d'inondation du bassin versant de l'Abiergué.

3.3.2 Forces, faiblesses, opportunités et menaces des actions de la Communauté Urbaine de Yaoundé

L'analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces des actions de la Communauté Urbaine de Yaoundé sont présentées dans le tableau 3. Il ressort que les mesures mises en œuvre par la Communauté Urbaine comportent quelques faiblesses et menaces. Cependant, la mise en relation des facteurs de l'analyse permettront de proposer quelques axes d'amélioration.

3.3.3 Axes pour l'amélioration des mesures mise en œuvre

La proposition des axes d'amélioration s'est faite dans un premier temps en mettant en relation des facteurs de l'analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces. Dans un second temps, il a consisté à faire la synthèse de cette relation (tableau 4).

4. Discussion

Le bassin versant de l'Abiergué est un espace à multi-usages constitué de zones agricoles, de dépotoirs d'ordures et surtout de bâtis. Naah (2014) et Zogning (2017) à cet effet ont attiré l'attention sur l'impact de la présence des populations dans les zones exposées aux inondations. Situation que Kouam (2013) qualifie de «ruralisation de l'espace urbain» pour désigner l'installation des populations dans les zones non aedificandi dans la ville de Yaoundé. Comme le faisait remarquer Anh (2012) dans un contexte d'inondation, «en plus des facteurs physiques, les risques d'inondation sont étroitement liés aux utilisations inconséquentes des ressources», notamment la ressource en eau. De la détermination des enjeux socioéconomiques et environnementaux, il ressort que la ressource en eau de surface est la composante physique la plus affectée dans les zones à risque du bassin versant de l'Abiergué. Ceci à cause de l'incivisme des populations pour lesquelles les rivières constituent des dépotoirs d'ordures. Cette attitude est relevée par Kuikeu (2015) à travers une description du processus de gestion des déchets au Cameroun et dans la ville de Yaoundé en particulier.

L'analyse FFOM met en évidence les points positifs et ceux à améliorer. Les axes d'amélioration ainsi préconisés concernent l'entretien régulier des ouvrages de canalisation, l'interdiction des remblais des marécages au fin de construction, la sensibilisation/éducation, l'implication des populations à la gestion des déchets et la restauration

du lac de Nkolbisson. Ces actions à améliorer trouveraient un sens au regard des mesures prescrites par Doussin (2009) pour la gestion de l'occupation du sol en zone inondable. Ces mesures de gestion portent entre autres sur la restriction ou l'interdiction de nouveaux aménagements dans les zones inondables, l'organisation des activités dans un cadre de concertation impliquant les populations ciblées et les associations ou les représentants de quartiers.

5. Conclusion

Le mode d'occupation des zones à risque d'inondation du bassin versant de l'Abiergué est marqué par la présence d'habitat, de parcelles agricoles et d'espaces verts. L'occupation de l'espace par les habitats à un effet négatif sur la ressource en eau de surface et la sécurité sanitaire des populations riveraines. L'analyse FFOM du mode d'occupation des zones à risque permet de constater une réticence des populations face à l'interdiction d'occupation des bas-fonds. Ainsi, la création de forêts urbaines à Eucalyptus par la Communauté Urbaine de Yaoundé vise à empêcher de nouvelles installations dans les zones déguerpies. Bien que l'action de déguerpissement puisse être mal appréhendée dans un contexte de vie précaire, l'action de verdisation entreprise par la Communauté Urbaine de Yaoundé demeure l'option appropriée du point de vue environnemental. Car les forêts urbaines contribueront à augmenter les puits carbone dans un contexte de pollution urbaine. Pour ce faire, il est impératif pour la communauté urbaine de sensibiliser, éduquer et impliquer les associations de jeunes à la gestion des déchets et des ressources en eau de surface.

Bibliographie

- Anh, T.L. (2012).** Évaluation des risques d'inondation dans le bassin du fleuve Huong, province de Thua Thien Hue, centre du VIETNAM. (Thèse présentée comme exigence partielle du doctorat en sciences de l'environnement à l'Université du Québec à Montréal). Repéré à <https://archipel.uqam.ca/4950/1/D2320.pdf>
- Doussin, N. (2009).** Mise en œuvre locale d'une stratégie globale de prévention du risque d'inondation : cas de la Loire Moyenne. (Thèse Doctorat, Université de Cergy Pontoise), 486p.
- Samari, B.S. (2011).** Implication des facteurs physiques dans les risques d'inondation à Ouagadougou : cartographie des zones à risques et mesures de préventions (mémoire de master, Fondation 2IE). Repéré à http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=369
- Kouam, K.G.R., (2008).** Enjeux sanitaires, socio-économiques et environnementaux liés à l'utilisation des eaux usées dans le maraichage urbain à Yaoundé au Cameroun : cas du bassin versant de l'Abiergué. *Laboratoire de Géologie de l'Ingénieur et d'Altérologie/ Laboratoire Eau et Environnement Université de Yaoundé I / Université de Liège*, 85 p.
- Kouam, K.G.R. (2013).** Vers une gestion rationnelle de l'eau dans une situation complexe d'urbanisation anarchique dans un pays en développement : cas du bassin versant de l'Abiergué (Yaoundé-Cameroun). (Thèse de doctorat). Université de Liège, 272p.
- Kuikeu, N.J.B. (2015).** Essai d'une démarche de prévention des inondations dans un contexte d'urbanisation anarchique (Mémoire d'Ingénieur). Université de Dschang. 55p.
- Naah, M. (2014).** Impact du développement urbain du bassin versant de la rivière Mingo sur le lac municipal de Yaoundé (Cameroun). *Sciences de la Terre. Université Paris-Est*, 214 p.
- Ngu, J.L. (2016).** Elaboration of a flood risk map in a urbanised drainage basin. Case study of Abiergué in Yaounde. (Thesis presented for the award of the «Ingenieur Agronome» diploma, option Agricultural Enginneering). University of Dschang, 130p.
- Assogba, L.P. (2008).** Étude de l'influence du lac de Nokoué et du chenal sur les inondations dans la ville de Cotonou au Bénin, (mémoire d'ingénieur, Université d'Abomey-Calavi Bénin), 65p.
- Minepat (2002).** Ministère de l'Économie et de la Planification du Territoire. Plan d'urgence Cameroun, 87p.
- ONU-Habitat (2013).** Rapport Organisation des Nations Unies et du Ministère de l'Habitat et du Développement Urbain, sur le profil urbain National du Cameroun 2013, 28p.
- Minduh (2008).** Yaoundé 2020 plan directeur d'urbanisme, 120p.
- Ministère de l'Administration territoriale et de la Décentralisation (2011).** Plan National de Contingence du Cameroun, 38p.

Riadh, H.T. (2005). Les risques majeurs urbains : les enjeux socio-économiques. Communication présentée lors du Séminaire sur la prévention des risques majeurs urbains : les responsabilités des maires et autorités locales, Alger, 15p.

Timnou, J.P. (1993). Migration, Urbanisation et Développement au Cameroun. Les cahiers de l'IFORD, volume (n°4), juin 1993, 1p. Résumé repéré à http://www.iford-cm.org/images/CAHIER_IFORD/04-Cahier_IFORD_N_4.pdf. 1p.

Yemmafouo, A. (2014). « L'agriculture urbaine camerounaise. Au-delà des procès, un modèle

socioculturel à intégrer dans l'aménagement urbain », Géocarrefour [En ligne], 89/1-2 | 2014, mis en ligne le, consulté le 12 décembre 2018. URL : <http://journals.openedition.org/geocarrefour/9413> ; DOI : 10.4000/geocarrefour.9413

Zogning, M.M.O. (2017). Contribution des systèmes d'information géographique pour la cartographie des zones à risques d'inondation a Yaoundé : application au bassin versant du Mfoundi (*Mémoire de Master, Université de Liège*), 71p.

Constitutive modeling of plastically deformed and damaged bamboo under monotonic increasing uniaxial compressive load and cyclic uniaxial compressive load using the principles of continuum damage mechanics and the theory of endochronic plasticity

Fozao D.S.¹ et Foudjet A.E.²

(1) **Etablissement** : Ministry of Public Works, Yaoundé, Cameroon / e-mail : zaoden@hotmail.com

(2) **Superviseur Académique** : Professeur Titulaire des Universités, CRESA Forêt-Bois, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun

DOI : <http://doi.org/10.5281/zenodo.3518917>

1. General objective

The general objective of this work is to study the behaviour of bamboo culms under the monotonic increasing and cyclic uniaxial compressive loading regimes.

2. Specific objectives

- To carry out laboratory tests on the bamboo species *Oxytenanthera abyssinica*, found in the Congo Basin Rain Forest, using the monotonic and cyclic uniaxial compressive loading regimes.
- To determine the constitutive relationship of damaged bamboo under these loading regimes.
- To compare the stress-strain curves of the test specimens of bamboo culms produce from the test data and those produced using the constitutive relationships developed.

3. Problem Statement and Research Hypotheses

Bamboo is an example of an engineering material that can be used to build structures in adverse situations such as under wind loads and in earthquake prone areas. Bamboo culms contain micro cracks which result from natural factors such as wind loads and environmental climatic changes.

With the advances in technology and for economic reasons, the inelastic behaviour of engineering materials must be taken into consideration when designing engineering structures to resist very heavy loads.

Although some amount of effort has been directed at determining the characteristics of bamboo, very little has been done on the study of its behaviour under loading. No mathematical models exist that can be used to model its behaviour under monotonic as well as cyclic uniaxial compressive loading.

Therefore, the hypothesis of this research work is that: “the behaviour of cracked bamboo subjected to monotonic uniaxial compressive loading or cyclic uniaxial compressive loading beyond its elastic limit can be predicted using analytical formulations”.

4. Statement of Originality

Bamboo can be used as an alternative material in the construction industry to replace timber. It is a material that has a very high strength to mass ratio and has so many advantages as compared to timber. The use of bamboo is however conditioned to the fact that adequate information on its characteristics and a satisfactory modeling of its behaviour under loading is required to facilitate its use as a construction material.

An experimental investigation and a mathematical modeling of the behaviour of the bamboo species *Oxytenanthera abyssinica*, under monotonic as well as cyclic uniaxial compressive loadings are performed in this study. Several samples of this bamboo species were tested to collect the necessary data for this study. In this research work, three mathematical models are proposed to study the behaviour of bamboo under monotonic uniaxial compression loading and other models are proposed to study the unloading and reloading curves of the cyclic behaviour of bamboo.

This study is quite new and the following new concepts have been developed:

1. The coupling of the endochronic theory of plasticity with continuum damage mechanics. to study of the behaviour of bamboo under monotonic uniaxial compressive loading.
2. The existence of the envelope curves and the shakedown limits in the cyclic behaviour of bamboo.

3. Modeling of the unloading and reloading curves for bamboo under cyclic uniaxial compressive loads.

5. Material and methods

5.1. Equipment and Materials used

The equipment used included :

A hark saw, sand paper, a vernier caliper (manual version), a measuring tape, an electronic balance (the Scaltec mark), an oven (mark Heraeus), a bucket, the universal press measuring up to 2000kN, the CBR testing machine (LABOTEST) measuring up to 50kN equipped with a micrometer. A computer equipped with the EXCEL software, to treat the data, was also used.

The materials used are *Bambusa vulgaris* and *Oxytenantera abyssinica*, two species of bamboo found in the Congo Basin Rain Forest, water, and cement. The bamboo specimens were tested at varied moisture contents, some of the samples were oven dried; others were soaked in water and others air dried.

5.2. Testing Procedure

The preparation and testing of the materials were carried out in the Metallic workshop and the Civil Engineering Laboratory of the National Advanced School of Public Works Yaounde. For the cyclic tests, several cycles of unloading and reloading were performed on the materials and for the monotonic loading, the samples were loaded continuously until complete failure.

5.3. Presentation of the Tests Results

The tests results are presented in the form of failure mechanisms and graphs showing the relations between the stresses and strains. The stresses and the strains were calculated, using the original sample dimensions, from the loads applied and the deformations produced. Some of the graphs from the tests results are shown in figures 2a to 2c below.

6. Mathematical Modeling of the Behaviour of Bamboo

The behaviour of bamboo under uniaxial compressive loading is non-linear and this non-linear behaviour may be attributed to two distinct mechanical processes, which are plasticity and damage. These two degradation phenomena are best described by the theories of plasticity and continuum damage mechanics.

Consequently, the use of the continuum damage mechanics framework associated with the combined use of the elastic-plastic constitutive equations is vital

to better describe the behaviour of bamboo subjected to monotonic uniaxial compressive loading.

In this research work, three mathematical models named Fozao-Foudjet 1, Fozao-Foudjet 2 and Fozao-Foudjet 3, have been developed and proposed by us to study the behaviour of bamboo under the monotonic uniaxial compressive loading regime.

6.1. Developing the Expression Fozao-Foudjet 1

The first model, Fozao-Foudjet 1, is based on the coupling of the theory of plasticity using the endochronic theory of plasticity developed by Valanis, K. C., in 1971 and the principles of isotropic damage developed by Kachanov in 1958, with the strain equivalence principle. This model is given as follows:

$$\sigma = \begin{cases} E_0 \varepsilon & \text{for } \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ A_0 (1 + \beta_1 \varepsilon) \left[1 - \frac{1}{(1 + \beta_1 \varepsilon)^{n_1}} \right] (e^{-\gamma(\varepsilon - \varepsilon_0)}) & \text{for } \varepsilon \geq \varepsilon_0 \end{cases} \quad \text{(Eq. 1)}$$

$$A_0 = E_0 \varepsilon_0 \left[\frac{(1 + \beta_0 \varepsilon_0)^{(n_1 - 1)}}{(1 + \beta_0 \varepsilon_0)^{n_1} - 1} \right] \quad \text{(Eq. 2)}$$

$$\beta_0 = k\beta \text{ and } n_1 = 1 + \frac{\delta}{\beta} \quad \text{(Eq. 3)}$$

$$\beta_1 = \frac{\beta_0}{\alpha} \quad \text{(Eq. 4)}$$

In the mathematical expressions given above, k, δ , are constants used in the endochronic theory of plasticity while E_0 is the modulus of elasticity of the undamaged material and β is the softening or hardening coefficient. Since bamboo is a material with softening behaviour, the value of β is negative.

6.2. Developing Expression Fozao-Foudjet 2

The second model, Fozao-Foudjet 2, was developed by adapting the models produced by Mazars and Pijaudier-Cabot to study the behaviour of concrete under monotonic uniaxial compressive loading. The mathematical model proposed is given as:

$$\sigma = (k_0)^{\lambda_1} (1 - \varphi) E_0 \varepsilon \quad \text{(Eq. 5)}$$

$$\text{Where } \varphi = 1 - \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon} (1 - B) - B e^{\left(\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon}{\varepsilon_c} \right)} \quad \text{(Eq. 6)}$$

$$\text{and } B = \frac{[\sigma_{c \max} - E_0 \varepsilon_0]}{E_0 \varepsilon_0 \left[(k_0)^{\lambda_0} e^{\left(\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_c}{\varepsilon_c} \right)} - 1 \right]} \quad \text{(Eq. 7)}$$

The values of the constants λ_0 and λ_1 vary respectively as $1.00 \leq \lambda_0 \leq 1.38$ and $0.0 \leq \lambda_1 \leq 0.13$.

When $\lambda_0=0.00$ and $\lambda_1=1.00$, the model Fozao-Foudjet 2 becomes exactly the same as the model proposed by Mazars and Pijaudier Cabot to study the behaviour of concrete.

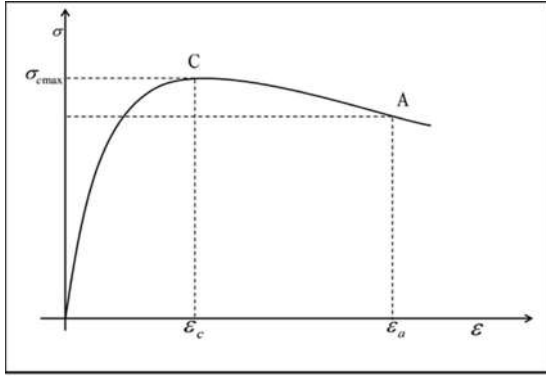


Figure 1: Monotonic Stress-Strain Curve of Bamboo used to develop Fozao-Foudjet 3 from the Smith and Young's expression

6.3. Developing Expression Fozao-Foudjet 3

The third mathematical model was developed from the model produced by Smith and Young to study the behaviour of concrete under monotonic uniaxial compressive loading, by using the monotonic compressive Stress-Strain Curve shown in figure 1 below. The new point A with coordinates (ϵ_a, σ_a) is included to define the softening (or descending) branch of the curve.

The third model Fozao-Foudjet 3 is given as:

$$\sigma = \begin{cases} E_0 \epsilon & \text{for } \epsilon \leq \epsilon_0 \\ \lambda_2 Q + D^{\lambda_3} \sigma_{c \max} k_c e^{(1-k_c)\epsilon} & \text{for } \epsilon > \epsilon_0 \end{cases} \quad \text{(Eq. 8)}$$

Where the constants Q and D, determined using the points (ϵ_a, σ_a) and $(\epsilon_c, \sigma_{c \max})$ from the graph of figure 1 are given as:

$$Q = \frac{(\sigma_a - \sigma_{c \max} k_a e^{(1-k_a)\epsilon_a})}{(1 - k_a e^{(1-k_a)\epsilon_a})} \quad \text{(Eq. 9)}$$

and

$$D = \frac{(\sigma_{c \max} - \sigma_a)}{(1 - k_a e^{(1-k_a)\epsilon_a}) \sigma_{c \max}} \quad \text{(Eq. 10)}$$

While $k_c = \frac{\epsilon}{\epsilon_c}$ and $k_a = \frac{\epsilon_a}{\epsilon_c}$ (Eq. 11)

The values of λ_2 and λ_3 vary as $0.0 \leq \lambda_2$ and $0.0 \leq \lambda_3 \leq 1.16$. When $\lambda_2=0.0$ and $\lambda_3=0.0$, this model becomes exactly the same as that proposed to study the behavior of concrete.

6.5 Modeling of the Cyclic Behaviour of Bamboo

Expressions used to study the behaviour of concrete under cyclic compressive loading were adapted and

proposed to study the behaviour of bamboo under this loading regime. Two empirical relations were proposed to idealize the unloading paths of the cyclic behaviour of bamboo. These are an exponential type function and a power type function of order n.

The exponential type equation is given in equation 12.

$$\sigma = B_1 e^{(C_1 \beta_1 \lambda)} E_0 (\epsilon - \epsilon_{pl}) \quad \text{(Eq. 12)}$$

$$B_1 = \left(\frac{r_1 (1 - \phi_{un})}{r_1 - 1} \right) \quad \text{(Eq. 13)}$$

$$C_1 = \text{Log} \left(\frac{R_1 (1 - \phi_{un}) (r_1 - 1)}{r_1} \right) \quad \text{(Eq. 14)}$$

$$\beta_1 = \left(1 - \frac{(\epsilon - \epsilon_{pl})}{(\epsilon_{un,(n)} - \epsilon_{pl})} \right) \quad \text{(Eq. 15)}$$

$$r_1 = \frac{\epsilon_{un,(n)}}{\epsilon_{pl}} \quad \text{(Eq. 16)}$$

$$R_1 = \frac{E_{pl}}{E_0} \quad \text{(Eq. 17)}$$

The expression for the power type equation is given in equation (18) that follows.

$$\sigma = \left(\frac{(1 - \bar{\epsilon})}{(1 + \alpha_0 \bar{\epsilon})} \right)^{\alpha_0} \sigma_{un} \quad \text{(Eq. 18)}$$

Where

$$\alpha_0 = 1 + \left(\frac{\epsilon_{pl}}{\epsilon_{un}} \right)^\kappa \quad \text{(Eq. 19)}$$

$$\bar{\epsilon} = \frac{(\epsilon - \epsilon_{un,(n)})}{(\epsilon_{pl} - \epsilon_{un,(n)})} \quad \text{(Eq. 20)}$$

The expressions proposed for the reloading curves of bamboo under the cyclic uniaxial compressive loading regime are given in equations (21) and (22) that follow.

$$\sigma = \begin{cases} \alpha_1 \sigma_{un,(n+1)} (\bar{\epsilon})^{\eta_1} & 0 \leq \bar{\epsilon} < \bar{\epsilon}_1 \\ E_{rl} (\epsilon - \epsilon_{un,(n+1)}) + \sigma_{un,(n+1)} & \bar{\epsilon}_1 \leq \bar{\epsilon} \leq 1 \end{cases} \quad \text{(Eq. 21)}$$

$$E_{rl} = \frac{(\sigma_{un,(n+1)} - \alpha_2 \sigma_{un,n})}{(\alpha_3 (\epsilon_{un,(n+1)} - \epsilon_{pl;n}))} \quad \text{(Eq. 22)}$$

7. Results

The results are presented in the form of graphs, which include graphs from the experimental data and those from the proposed models. Several tables containing the data used were produced.

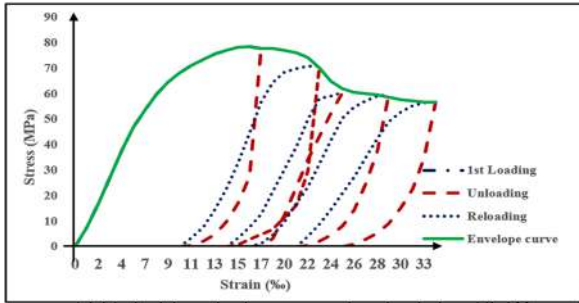


Figure 2: T1 Middle without node, Sample air dried

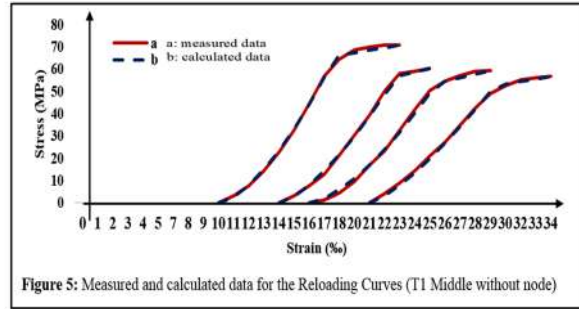


Figure 5: Measured and calculated data for the Reloading Curves (T1 Middle without node)

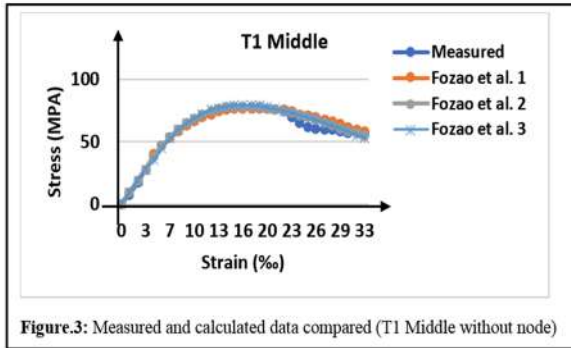


Figure 3: Measured and calculated data compared (T1 Middle without node)

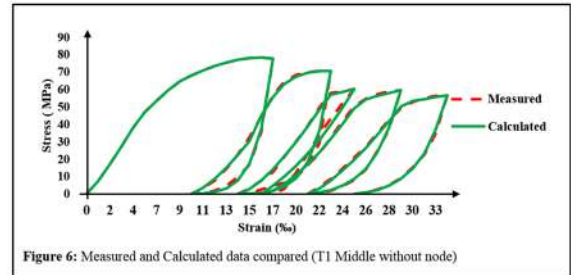


Figure 6: Measured and Calculated data compared (T1 Middle without node)

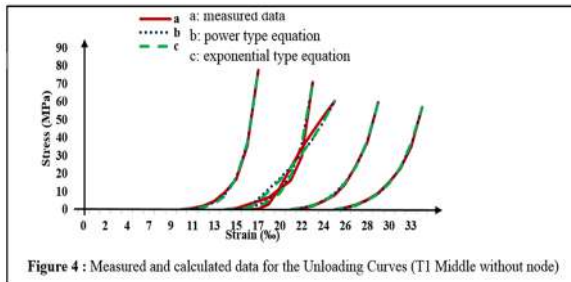


Figure 4 : Measured and calculated data for the Unloading Curves (T1 Middle without node)

7.1. Tests Results

Figure 2 is the stress-strain diagram from the tests results of a sample of bamboo that was tested.

7.2. Envelope Curves:

Figures 3 represents the envelope curves obtained from the models proposed with those obtained from the experimental data. Each figure has four superposed graphs which are titled Measured, Fozao et al. 1, Fozao et al. 2 and Fozao et al. 3.

It can be observed from the diagrams above that the results from the proposed mathematical models fit closely well with the test results except in some few cases where there are some minor deviations.

7.3. Unloading Paths

Figures 4a to 4c below represent graphs of the

unloading paths from the test data and from the proposed models.

7.4. Reloading Curves

Figure 5 below represents the reloading curves from the test results and those obtained from the mathematical models. It will be seen from these diagrams that each reloading path has two curves superposed.

7.5. Cyclic Stress-Strain Curves

Figures 6 show the measured and calculated unloading and reloading paths of a sample of *Oxytenantera abyssinica* under cyclic uniaxial compressive loading. These curves are combined together to show a comparison of the experimental data and the data obtained from the proposed models for the cyclic behaviour of bamboo.

8. Discussion

8.1. Plastic Strain Behaviour of Bamboo

From the stress-strain diagrams plotted above, it can be seen that bamboo exhibits plastic behaviour. A hysteretic behaviour, characterized by non-overlapping unloading-reloading curves is also observed from these diagrams. Permanent residual strains are produced in the material beyond the proportional limit after the loads are removed producing a non linear behaviour.

It is observed from the unloading-reloading cycles

that at the end of each cycle, the residual or plastic strain increases as the number of cycles increase

Bamboo contains a large number of micro cracks even before any load is applied to it. This property is very decisive for the mechanical behavior of the material. The nonlinear behavior and the s-shape stress-strain curves of bamboo under uniaxial compressive stress can be associated with the micro-cracks propagation during load and stress-induced plastic flow in the specimen.

8.2. Comparison of Test Results with Proposed Models

From the stress-strain diagrams plotted above, it is observed that the overall stress-strain behaviour of the proposed models and tests results show similar configuration to each other as well as fit very well with each other.

It was observed that the samples soaked in water underwent several cycles before complete failure; meanwhile the samples tested after drying in an oven were very brittle. Though the dried samples had very high resistance than those soaked in water, their failure was very abrupt.

8.3. Perspectives for the Future

The future in the construction industry will be found in the use of bamboo and bamboo products. If adequate research is carried out to improve on the quality of this material and its products, then it can be used very effectively as a good construction material. The following are some areas that have been suggested for further research.

- i. Bamboo fiber reinforced plastics and composites.
- ii. Characterization of the bamboo species found in the Congo Basin Rain Forest.
- iii. Behaviour of bamboo under various tensile loading regimes.
- iv. Behaviour of bamboo under tri-axial compression and other compression loading regimes.
- v. Behaviour of bamboo fibers under tensile loads.
- vi. Behaviour of bamboo poles under dynamic loadings.

9. General Conclusion

Based on the present experimental investigations and the theoretical studies of the behaviour of bamboo under monotonic and cyclic uniaxial compressive loads, it can be concluded that:

- a. The behaviour of bamboo under these loads is nonlinear and this nonlinear behaviour can be modeled using the principles of endochronic theory of plasticity coupled with isotropic damage
- b. Bamboo possesses an envelope curve. This envelope curve may be considered to be unique and identical to the stress-strain curve obtained from a monotonic increasing uniaxial compressive loading.
- c. Bamboo possesses a shakedown limit such that, stresses above this limit will lead to additional strains, whereas maximum stresses at or below this limit will cause the stress strain history to go into a loop repeating the previous cycle without further permanent strain. This limit is the locus of points where the reloading portion of any cycle crosses the unloading portion.
- d. Most of the input data required for the models are obtained from laboratory tests results.
- e. When compared with the tests results, the mathematical models proposed show satisfactory agreement with the experimental results.

Keywords: *Constitutive modeling, uniaxial compressive loading, bamboo culms, endochronic theory of plasticity, isotropic damage.*

Thèse de Doctorat PhD de l'Université de Yaoundé I soutenue le 1^{er} juillet 2019 à l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé en République de Cameroun.

Contribution à la gestion durable des zones humides du Cameroun : inventaire, caractérisation des impacts environnementaux et dynamique des oiseaux d'eau dans le paysage côtier Douala-Edéa

Mzoyem N.J.¹, Foudjet A.E.² et Ajonina G.³

- (1) **Etablissement** : CRESA Forêt-Bois, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun / e-mail : joycelinemzoyem@yahoo.fr
 (2) **Superviseur Académique** : Professeur Titulaire des Universités, CRESA Forêt-Bois, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun
 (3) **Encadreur Technique** : Coordonnateur National de la Cameroon Wildlife Conservation Society

DOI : <http://doi.org/10.5281/zenodo.3518924>

1. Objectif Principal

Contribuer à la gestion durable des espèces d'oiseaux d'eau et des zones humides du paysage côtier Douala-Edéa grâce à la connaissance de la relation qui existe entre ces espèces et les habitats du paysage.

2. Objectifs Spécifiques (OS)

OS1 : géolocaliser les sites, points de comptage et évaluer la dynamique (flux migratoires) des oiseaux d'eau ;

OS2 : recenser et dénombrer les différentes espèces d'oiseaux d'eau au sein des sites dans le paysage ;

OS3 : caractériser les différents sites de comptage pour un suivi des espèces, puis ressortir les relations existantes entre les conditions environnementales et la diversité de ces espèces.

3. Hypothèses

HS1 : tous les sites de comptage sont critiques pour les oiseaux d'eau ;

HS2 : certaines espèces d'oiseaux d'eau ont des préférences / affinités des sites ;

HS3 : les conditions environnementales des sites ont une influence sur la diversité d'espèces des oiseaux d'eau.

4. Méthodologie

4.1. Zone d'étude

L'étude a été menée dans la Région du Littoral, principalement dans les Départements de la Sanaga maritime et du Wouri, plus précisément dans les zones humides de l'estuaire du Cameroun (situé entre 2°38' et 4°46' de latitude Nord et entre 9°16' et 10°40' de longitude Est). La zone d'étude s'étend

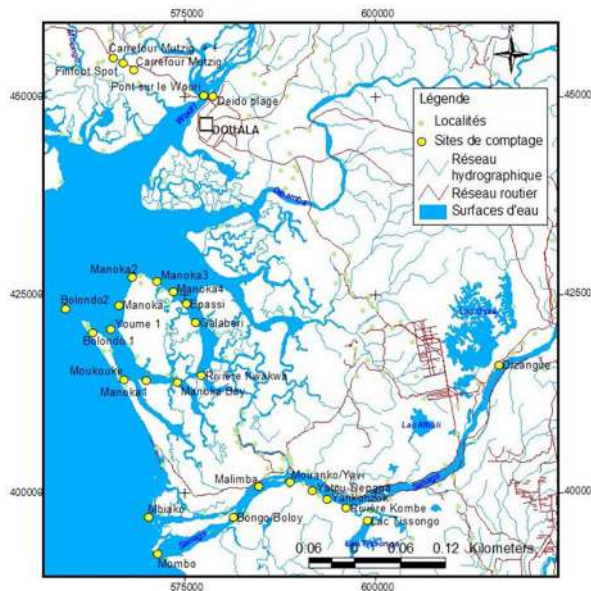


Figure 1: Carte de géolocalisation des sites de comptage (Source : Base de données INC, adaptée par Mzoyem (2018).)

de la réserve de Douala-Edéa jusqu'au pont sur le Wouri, notamment dans les sections Douala-Edéa-Sanaga (Bongo/Boloy, Dizangué 1, Rivière Kombé, Lac Tissongo, Malimba, Mbiako, Mouanko/Yavi, Mombo, Yankonzok, Yatou-Dépa), Douala-Edéa-Wouri (Bolondo 1, Bolondo 2, Epassi, Galabéri, Manoka, Manoka Bay, Manoka 1, Manoka 2, Manoka 3, Manoka 4, Moukoko, Rivière Kwakwa, Youmé 1) et Wouri comprenant (Carrefour Mutzig, Deido plage, Finfoot Spot, Pont sur le Wouri).

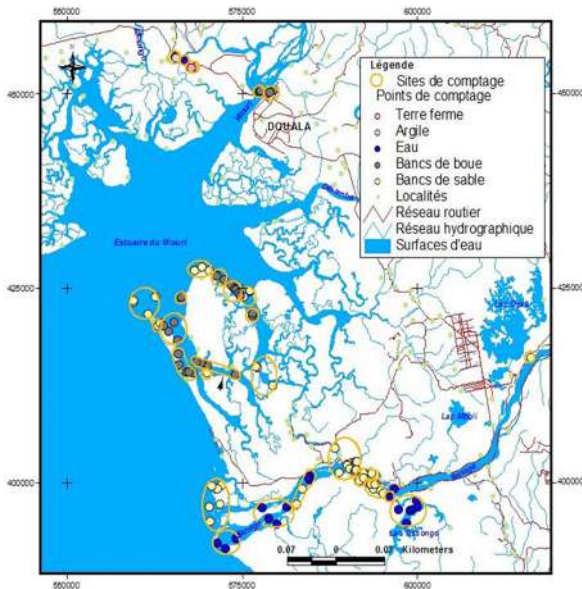


Figure 2 : Carte de géolocalisation des points de comptage
(Source : Base de données INC, adaptée par Mzoyem (2018))

4.2. Méthode de collecte des données

La collecte des données s'est faite durant la période de janvier à mars 2018 en 3 phases.

- La phase de collecte des informations sur la situation actuelle et les tendances

Cette première phase a permis de surveiller les paramètres qui décrivent les changements de répartition, d'abondance et de composition des populations d'oiseaux d'eau.

- La phase d'inventaire et de caractérisation des impacts environnementaux

Elle a permis d'identifier, dénombrer et caractériser les espèces puis, à quantifier la contribution de chaque résultat d'inventaire à un problème environnemental spécifique.

- La phase d'analyse et de traitement des données

Les données collectées à l'état brut sur le terrain ont fait l'objet d'un traitement, d'une analyse et ont été présentées sous formes de tableaux, graphiques, camemberts, matrices et ArcGis a permis de réaliser les cartes.

5. Résultats

R1.1 : les sites de comptage sont majoritairement situés sur le réseau hydrographique et les surfaces d'eau et très peu sont à proximité du réseau routier (Carrefour Mutzig, Finfoot Spot, Deido plage, pont sur le Wouri,

Dizangué 1) (figure 1). Quant aux points de comptage, ils ont été localisés et repartis en fonction de la surface sur laquelle l'on se tenait (figure 2).

R1.2 : Les résidents permanents et saisonniers ont représenté chacun 30,77 % pour 38,46 % des visiteurs occasionnels.

R2.1 : Un total de 11490 oiseaux d'eau appartenant à 19 familles et 52 espèces a été dénombré.

R2.2 : En fonction des sections, les espèces recensées ont été réparties comme suit : 5240 (45,6%) à Douala-Edéa Sanaga, 5754 (50,08%) à Douala-Edéa Wouri et 496 espèces (soit 4, 32%) au Wouri.

R2.3 : Les espèces les plus abondantes ont été respectivement les Becs-en-ciseaux d'Afrique (3168 oiseaux d'eau), les Gravelots à front blanc (2630 oiseaux d'eau), les Sternes royales (1007 oiseaux d'eau), les Sternes caspiennes (655 oiseaux d'eau) et les becs ouverts africains (550 oiseaux d'eau). Celles appartenant à la liste rouge de l'UICN ont été les Becs-en-ciseaux d'Afrique (*Rynchops flavirostris*), et le courlis cendré (*Numenius phaeopus*) qui sont des espèces quasi menacées et, la Grue couronnée (*Balearica pavonina*) qui est une espèce vulnérable.

R2.4 : Les familles présentant une grande diversité d'espèces ont été celles des Ardeidae (14), Charadriidae (7), Scolopacidae (7), Sternidae (6), Ciconiidae (3), Pelecanidae (2).

R2.5 : Les habitats les plus convoités par les espèces d'oiseaux d'eau ont été respectivement les bancs de sable (48,96%), les vasières et zones sableuses intertidales (28,19%), les mangroves (12,02%) et les plages (9,05%). L'analyse des données de la corrélation entre la diversité d'espèces et le type d'habitats a montré que les espèces varient en fonction des habitats.

R3.1 : Les menaces et pressions qui pèsent sur le paysage ont été notées et ont montré que la section Wouri est très polluée comparé aux autres.

R3.2 : L'évaluation des paramètres physico-chimiques de l'eau des sites de comptage de la section Wouri est très polluée comparée aux normes de l'OMS (1994).

R3.3 : L'analyse en composante principale réalisée sur les paramètres physico-chimiques a montré qu'à l'axe 1, la conductivité électrique, les solides totaux dissous, la conductivité électrique absolue, la salinité et le potentiel d'hydrogène varient ensemble. A l'inverse à l'axe 2, le potentiel d'oxydo-réduction, l'oxygène dissous et le pourcentage de saturation en oxygène

varient ensemble et en sens inverse avec la turbidité. La température quant à elle est moins corrélée avec les deux premiers axes.

R3.4 : L'oxygène dissous, la salinité, les solides totaux dissous, la conductivité électrique absolue et le potentiel d'hydrogène ont une influence sur la diversité d'espèces.

R3.5 : Tous les paramètres physico-chimiques évalués ont une influence sur le type d'habitats.

6. Discussion

L'évaluation du statut migratoire des espèces a montré que la plupart des espèces observées sont des migrateurs occasionnels, des résidents permanents et des résidents saisonniers. Ces résultats corroborent ceux de Ajonina et al., (2002) qui ont montré que les migrateurs résidents sont ceux présents pendant toute l'année, les migrateurs de longues distances ou occasionnels ceux qui viennent passer une partie de leur activité (reproduction, alimentation, changement de climat) à l'exemple des becs-en-ciseaux qui viennent y pondent des œufs. Les migrateurs de courtes distances ou saisonniers sont ceux qui suivent le déplacement des pluies au sein de la même zone. On peut citer en exemple les becs ouverts africains qui sont présents pendant les périodes d'extraction des bivalves (palourdes).

A l'issue de l'évaluation de la qualité des eaux du paysage côtier Douala-Edéa, il ressort que les valeurs des paramètres analysés varient en fonction des sections et des sites. En effet, les résultats obtenus sur le plan physique ont montré une élévation de la température dans certains sites. Ceci pourrait être dû à une augmentation de la solubilité de plusieurs composés chimiques dans l'eau et par conséquent une augmentation de la toxicité de l'eau. Les facteurs pouvant être à l'origine de la variation de température sont entre autres un taux élevé d'urbanisation (cas de la section Wouri) et une augmentation de la turbidité. L'augmentation de la turbidité pourrait causer à son tour une diminution de la concentration d'oxygène dissous, entraînant ainsi une perte ou réduction des espèces aquatiques et par conséquence une réduction de la quantité d'aliments des oiseaux d'eau et donc une réduction de la quantité et de la diversité d'espèces de l'avifaune aquatique dans le paysage.

Ces affirmations sont similaires à celles de Mbog (1999) et Mayaka (1999) qui ont montré que les

déchets urbains déversés dans les eaux côtières ou lacustres entraînent une réduction de la productivité phyto-planctonique par le phénomène de turbidité, en même temps que l'environnement benthique se trouve altéré par le processus de sédimentation du résidu. Et que en plus de la pollution, ceux-ci libèrent de grandes quantités de boue qui troublent les eaux et causent l'asphyxie à certaines espèces de poissons, avec des conséquences sur la diminution de la biodiversité de la faune aquatique (Mbog, 1999).

De façon générale, les niveaux anormaux des paramètres physico-chimiques observés dans les différents sites seraient dus aux activités anthropiques de l'homme telles que la pêche, l'extraction des bivalves et du sable, l'urbanisation et l'agriculture. Perturbant ainsi l'habitat des oiseaux d'eau et par conséquent l'état des zones humides du paysage. Ces perturbations pourraient aussi être due à la pollution par déversement des déchets dans le cours d'eau, ou par envahissement du lit du cours d'eau par les plantes nocives telles la jacinthe d'eau et les *Pennisetum purpureum* ("sissongo").

7. Recommandations

7.1. Au Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature et du Développement Durable (MINEPDED) et au Ministère du Tourisme et des Loisirs (MINTOURL)

- veiller à ce que les instruments de surveillance des caractéristiques écologiques et d'élaboration des plans de gestion pour les zones humides soient mis en application ;
- mettre en place les mesures de protection environnementales dans ce paysage afin de prévenir la dégradation ;
- promouvoir le tourisme (MINTOURL) en intégrant les ONG oeuvrant dans l'environnement et le secteur privé ;
- inscrire les zones humides du paysage côtier Douala-Edéa à la convention Ramsar pour qu'il soit protégé.

7.2. Au service de la conservation de la réserve de faune Douala-Edéa et autorités compétentes des sites étudiés

- établir des plans de gestion des espèces et de préservation de leur habitat en ce qui concerne la réserve de faune Douala-Edéa ;
- les autorités compétentes devraient penser à une bonne politique de gestion des déchets afin

de protéger les zones humides du paysage côtier Douala-Edéa et préserver ainsi les ressources naturelles qu'elles regorgent.

7.3. A l'organisation CWCS

- inclure les populations locales dans la gestion des zones humides et de leurs ressources, notamment dans les opérations de suivi des espèces ;
- renouveler et s'acquérir du matériel de nouvelle technologie nécessaire pour faciliter les opérations de suivis.

Mots clés : *Zone humide, oiseaux d'eau, inventaire, conditions environnementales, diversité d'espèces*

Mémoire de Master Professionnel en Etude d'Impact Environnemental soutenu le 10 Juillet 2018 avec la mention "EXCELLENT" au CRESA Forêt-Bois en République de Cameroun.

Evaluation de la gestion environnementale du projet d'aménagement de la voie carrefour Etam Bafia-carrefour chapelle Mvog Mbi et bretelles à Yaoundé au Cameroun

Ngalangou T.A.¹, Foudjet A.E.², Nguemo R.³ et Gnimpieba G. R.³

(1) **Etablissement** : CRESA Forêt-Bois, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun/
e-mail : adelinengalangou@yahoo.fr

(2) **Superviseur Académique** : Professeur Titulaire des Universités, CRESA Forêt-Bois, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun

(3) **Encadreurs Professionnels** : Responsable QHSE à Arab Contractors Cameroon Ltd ; environnementaliste à Arab Contractors Cameroon Ltd

DOI : <http://doi.org/10.5281/zenodo.3518928>

1. Objectif général

Faire un état des lieux de la prise en compte du volet environnemental dans le cadre du projet d'aménagement de la voie carrefour Etam Bafia-carrefour chapelle Mvog Mbi et bretelles à Yaoundé au Cameroun.

2. Objectifs Spécifiques (OS)

OS1 : Identifier les activités sources d'impacts sur l'environnement de ce projet.

OS2 : Identifier les mesures de gestion des impacts mises en œuvre sur l'environnement.

OS3 : Identifier les stratégies pour le contrôle effectif de la gestion des impacts.

3. Hypothèses

H1 : Une grande proportion d'activités a des impacts sur l'environnement.

H2 : Des mesures de gestion sont effectives.

H3 : Un programme de surveillance et de suivi est mis en œuvre pour contrôler l'effectivité de la gestion environnementale du projet.

4. Méthodologie

4.1. Zone d'étude

Le site dans lequel le projet a été mis en place se situe principalement dans le quartier Etam Bafia, limitrophe des quartiers Nkolndongo, Mvog Atangana Mballa localisé dans l'arrondissement de Yaoundé 4. Les coordonnées géographiques se situent entre 3°45' et 3°52' de latitude Nord et 11°30' et 11°33' de longitude Est. L'arrondissement de Yaoundé 4 se localise dans le Département du Mfoundi, Région

du Centre au Cameroun. L'aménagement de la voie carrefour Etam Bafia-carrefour chapelle Mvog Mbi et bretelles s'étend sur une distance de 2 100 m.

4.2 Méthode de collecte des données

La conduite de cette étude s'est faite selon une méthodologie qui s'étalait sur différents axes notamment la collecte des données primaires au moyen de l'observation directe sur le terrain, les questionnaires d'enquêtes et les entretiens. La collecte des données secondaires ont été recueillies dans les textes législatifs et réglementaires, au Centre de Documentation du CRESA Forêt-Bois et sur internet.

4.3. Méthode d'analyse des données

Nous avons fait recours aux matrices de Léopold et de Fecteau afin d'identifier et de caractériser les impacts. L'importance absolue et l'importance relative ont été évaluées. Le logiciel Microsoft Excel a permis d'établir les tableaux et figures pour mieux illustrer les résultats des enquêtes.

5. Résultats

R1.1 : Le projet d'aménagement de la voie suit les 3 phases que sont : la phase de préparation et d'installation, la phase des travaux et la phase d'exploitation ; Ainsi, il a été relevé 14 activités sources d'impacts et 8 composantes du milieu affectés par ces activités.

R1.2 : Au total 17 impacts ont été identifiés pendant les différentes phases du projet dans le PGES, 17 autres impacts non prédits ont été relevés. Parmi tous ces impacts, 15 positifs (soit 44% des impacts) et 19 négatifs (soit 56% des impacts) ont été relevés.

R1.3: 17 impacts ont été identifiés dans le PGES; 4 impacts sont d'importance majeure (soit 23% des impacts) ; 10 sont d'importance moyenne (soit 59% des impacts) ; 1 impact est d'importance mineure (soit 6% des impacts) et 2 n'ont pas été évalués (soit 12% des impacts). Sur les 17 impacts non prédits, 4 sont d'importance majeure (soit 23% des impacts), 11 d'importance moyenne (soit 65% des impacts) et 2 d'importance mineure (soit 12% des impacts).

R2.1 : Des 17 impacts identifiés dans le PGES, 15 ont été pris en compte et ont conduit à l'élaboration de 68 mesures de gestion. De même, 29 mesures additives ont été proposées pour les impacts non prédits.

R2.2 : Concernant l'effectivité de la mise en œuvre des 68 mesures de gestion des impacts contenus dans le PGES, 42 mesures ont été effectuées (soit 62%); 7 n'ont pas été effectuées (soit 10%) ; 4 n'ont pas encore été effectués (soit 6%) du fait que les travaux ne soient pas achevés et 15 n'ont pas fait l'objet d'une vérification (soit 22%). Pour les 29 mesures additives, 10 ont été effectuées (soit 35%), 3 n'ont pas été effectuées (soit 10%), 12 n'ont pas encore été effectuées (soit 41%) et 4 n'ont pas été vérifiées (soit 14%).

R3.1 : Les plans de surveillance et suivi ont été établis. Suivant le PGES, 12 impacts ont fait l'objet de la surveillance et du suivi environnemental durant les différentes phases du projet. Les modes de vérification ont été l'inspection et les PV de réception. Les acteurs de mise en œuvre étaient MINEPDED, la mission de contrôle, la mission préfectorale, le maître d'ouvrage, certains ministères et la Communauté Urbaine. Les méthodes de vérification additives proposées sont l'observation visuelle, les enquêtes et les évaluations. La surveillance et le suivi ont été classés selon les composantes environnementales effectivement affectées pendant les différentes phases du projet. Les coûts de mise en œuvre ont été mis en mémoire.

R3.2 : Des recommandations ont été formulées à l'endroit de l'administration, l'entreprise et enfin la population..

6. Discussion

Le projet a été à l'origine de plusieurs activités ayant générés plusieurs impacts. Ces impacts ont été recensés aussi bien sur le milieu physique que sur le milieu humain. Ces derniers se rapprochent de ceux de Jeudong (2014), qui a catégorisé les impacts

environnementaux et sociaux pour les projets. Ces impacts comprennent : la pollution de l'atmosphère par les poussières, incluant les impacts du transport ; la contamination et l'altération du sol, la perturbation de l'environnement naturel ; les nuisances sonores, vibratoires; les impacts liés à la génération des matières résiduelles, dangereuses ou non ; les impacts liés à la santé et à la sécurité des travailleurs et de la population ; les impacts liés au patrimoine culturel.

Les mesures d'atténuation et de bonification de ces impacts ont été proposées durant la phase des travaux ainsi que celle d'exploitation. Sur le volet social, elles rejoignent celles énoncées par Nanjip (2012), sur le projet de construction des voies structurantes Nkolndongo et Ngoa Ekelle, qui sont notamment la sensibilisation du personnel et des riverains, l'indemnisation des populations avant le début des travaux, la restauration des sites dégradés, la résolution des litiges.

Dans le cadre de la surveillance environnementale Yoni (2009), propose qu'il faudra nommer un coordonnateur environnement au niveau des projets et enfin instituer une source de financement viable pour la gestion et le suivi des préoccupations environnementales post-projet.

7. Recommandations

- L'administration doit indemniser les populations ayants-droits avant le démarrage des travaux.
- Le responsable QHSE doit veiller au port effectif des EPI par tous les employés de la société.
- L'entreprise Arab Contractors Ltd et les sous-traitants doivent mettre en oeuvre ces mesures.
- Les populations doivent acquérir des titres fonciers pour la sécurité de leurs biens. Elles doivent respecter une distance de sécurité entre la route et leur habitation.

Mots clés : *évaluation, étude d'impact environnemental, gestion environnementale, projet routier*

Mémoire de Master Professionnel en Etude d'Impact Environnemental soutenu le 13 Juillet 2019 au CRESA Forêt-Bois en République de Cameroun.

Contribution au suivi environnemental et social des travaux de construction de l'ouvrage d'art n°17 et ses voies d'accès sur la rivière Bangué à Yokadouma au Cameroun

Essoue N.P.C.¹, Foudjet A.E.², Tchoussi J.J.³ et Simon N.N.³

- (1) **Etablissement** : CRESA Forêt-Bois, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun/
e-mail : essouepierre@yahoo.fr
(2) **Superviseur Académique** : Professeur Titulaire des Universités, CRESA Forêt-Bois, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun
(3) **Encadreurs Professionnels** : Directeur des Opérations à PYRAMIDES INTER ; consultant environnementaliste à PYRAMIDES INTER

DOI : <http://doi.org/10.5281/zenodo.3518938>

1. Objectif général

Contribuer au suivi environnemental et social des travaux de construction de l'Ouvrage d'art n°17 ainsi que ses voies d'accès sur la rivière Bangué à Yokadouma

2. Objectifs Spécifiques (OS)

OS1 : Présenter les impacts réels du projet sur l'environnement.

OS2 : Evaluer l'efficacité des mesures d'atténuation mises en œuvre pour gérer les impacts de ce projet sur l'environnement.

OS3 : Suggérer mesures correctives et additives d'optimisation de la mise en œuvre du Plan de Gestion Environnemental et Social.

3. Hypothèses

H1 : Les divers travaux de ce projet ont des impacts important sur l'environnement biophysique et humain.

H2 : Les mesures environnementales mises en œuvre sont insuffisantes et inefficaces par rapport aux impacts engendrés par la réalisation du projet.

H3 : Les mesures correctives et/ou additives peuvent permettre d'optimiser l'efficacité de la mise en œuvre du Plan de Gestion Environnemental et Social des travaux de construction du pont et ses accès sur la rivière Bangué.

4. Méthodologie

4.1. Zone d'étude

La zone d'étude de ce projet est la ville de Yokadouma

(Quartiers Relais et Malabango) Chef-lieu du Département de la Boumba et Ngoko, dans la Région de l'Est au Cameroun. Située entre 3°31' Latitude Nord et 15°03' longitude Est, elle est limitée au Nord par la commune de Gari-Gombo, au Sud par la commune de Salapoumbé, à l'Est par la République Centrafricaine et à l'Ouest par la commune de Messok.

4.2 Méthode de collecte des données

La collecte des données primaires s'est faite par des observations directes de terrain, des questionnaires d'enquêtes et des entretiens. Les données iconographiques et géographiques ont été collectées aux moyens d'appareil photo et de récepteur GPS (Global Positioning System). Les données secondaires ont été collectées dans les bibliothèques de plusieurs institutions par le biais des fiches de lecture.

4.3. Méthode d'analyse des données

L'usage de la matrice de Léopold nous a permis en ce qui concerne l'analyse des données primaires, d'identifier les impacts de ce projet sur l'environnement. Les impacts ainsi identifiés ont été caractérisés et évalués suivant la grille de Fecteau. Il en ressort l'importance relative de ces impacts. Le recours aux canevas d'évaluation de mise en œuvre des Plans de Gestion Environnementale et sociale et au canevas d'évaluation d'efficacité des Plans de Gestion Environnementale et Sociale ont permis de déterminer le niveau de performances des mesures environnementales mise en œuvre dans ce projet. Les logiciels SPSS et Microsoft Excel ont permis de faire des tableaux et figures illustrant les résultats de cette étude.

5. Résultats

La construction de l'ouvrage d'art n°17 et ses accès a produit 13 impacts prédits dont 3 positifs et 10 négatifs.

R1.2 : La réalisation de ce projet a également produit 04 impacts non prédits dont 2 positifs et 2 négatifs.

R1.3: 41% de ces impacts sont d'importance absolue majeure, 18% d'importance moyenne et 41% d'importance mineure.

R2.1 : 20 des 28 mesures prévues ont été mises en œuvre, avec 57% de réalisation pour les impacts majeures contre 15% pour les impacts mineures et 0% pour les impacts moyens.

R2.2 : 60% des mesures d'importance majeure sont efficacement mises en œuvre, les mesures d'impacts mineures sont à 100% efficaces et 75% des mesures liées aux impacts moyens sont plus ou moins efficaces.

R3.1 : Respectivement 12 et 14 mesures correctives et additives ont été proposées.

R3.2 : En plus des entreprises et de la mission de contrôle, le Comité Départementale de suivi du PGES, du MINEPDED, MINTP, MINSANTE, MINTSS, MINCAF, MINFOF, MINAS, MINAT, le MINDDL, la Mairie de Yokadouma, les Organisations de la Société Civile (OSC), les autorités traditionnelles et les populations locales s'ajoutent à la liste des acteurs impliqués dans ce projet.

R3.3 : Un Plan de Gestion Environnemental et Social synthétisé a été proposé pour ce projet.

6. Discussion

Les résultats issus de ce travail révèlent que le niveau de mise en œuvre des mesures prévues dans le PGES est faible, ce qui va en droite ligne avec les résultats des travaux de Bayi (2012), et montrent que les principales défaillances environnementales observés dans les projets sont en quasi-totalité liées au non-respect de la mise en œuvre effective des mesures prescrites dans le PGES.

Force est de constater que la faible implication des différents acteurs dans la gestion environnementale

tant au niveau de la mise en œuvre que celui du suivi des actions environnementales prévues, est une difficulté non moins importante.

Par ailleurs, l'attitude des entreprises dans la réalisation de ce projet est caractérisée par un conflit d'intérêt financier et met à mal le respect des actions environnementales. Ce qui corrobore avec les travaux de Patouossa (2017) dont l'analyse révèle que la gestion environnementale de l'entreprise se limite beaucoup plus à la prévention des risques sur ses équipements au détriment des aspects environnementaux.

L'évaluation non continue des impacts environnementaux et sociaux associée au non-respect de mise en œuvre des mesures conduisent à la faible efficacité de ces mesures, comme le soulignent Patouossa (2017), Jeudong (2014) et Ngansom (2014).

7. Recommandations

- Les entreprises doivent respecter la mise en œuvre effective de mesures de sécurité, d'hygiène et environnement prévues dans le Plan de Gestion Environnementale et Sociale et intégrer les mesures correctives et additives de la présente étude.
- Le maître d'ouvrage doit mettre sur pieds une Cellule d'Assistance Technique (CAT-PGES) et appliquer les sanctions pour les non conformités de l'entreprise.
- Le Comité Départemental de suivi du PGES doit s'impliquer dans la mission de suivi qui lui incombe, ce à tous les niveaux.
- Les populations locales doivent dénoncer toutes formes de désagréments causés par les travaux.

Mots clés : *Impacts environnementaux et sociaux, surveillance, suivi, PGES, ouvrage d'art, Yokadouma*

Mémoire de Master Professionnel en Etude d'Impact Environnemental soutenu le 14 Juillet 2019 au CRESA Forêt-Bois en République de Cameroun.

Un Ensemble de compétences au Service du Bassin du Congo

La formation au cœur



de la gestion durable

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



DES MÉTIERS
ET DES HOMMES

DES FORMATIONS ADAPTEES POUR UNE
INSERTION SOCIOPROFESSIONNELLE REUSSIE

CABAG-USFWS: Lancement du Groupe de Travail PFBC sur le renforcement des capacités de conservation de la faune sauvage en Afrique centrale

Le mercredi 12 juin 2019 à Malabo en Guinée Equatoriale

22 participants de 15 institutions participantes à la réunion du Conseil du Partenariat pour les Forêts du Bassin du Congo (PFBC) et au Dialogue de haut niveau à Malabo, Guinée équatoriale, se sont réunis pour discuter d'une série de questions concernant le renforcement des capacités de conservation de la faune en Afrique centrale. Cet événement parallèle faisait suite aux discussions de la table ronde sur le développement des capacités du PFBC de novembre 2019 à Bruxelles, en Belgique. Les participants étaient des agences gouvernementales centrafricaines et internationales, des ONG, le secteur privé et des donateurs.

Le renforcement des capacités pour la conservation de la faune sauvage en Afrique centrale doit être continuellement renforcé

Pour faire face aux menaces croissantes qui pèsent sur la faune sauvage et ses habitats. Les agences gouvernementales, les bailleurs de fonds, les organisations non gouvernementales (ONG) et les universités d'Afrique centrale soutiennent régulièrement les efforts des individus, des équipes, des organisations et des groupes d'intérêt pour développer, améliorer et organiser leurs systèmes, leurs ressources et leurs connaissances afin de remplir leurs fonctions, résoudre leurs problèmes et atteindre leurs objectifs de conservation de la faune.

La conservation est une proposition à long terme.

Nous mesurons notre succès dans la conservation des espèces et de leurs habitats. Les longs cycles de vie de nombreuses espèces sauvages que nous protégeons exigent de penser non pas en cycles de subvention de 1 à 3 ans, mais plutôt en décennies. Le renforcement des capacités est également une proposition à long terme. Les capacités humaines et institutionnelles ne sont pas créées et soutenues par l'obtention d'un seul diplôme ou l'achèvement d'une formation d'une semaine. Au contraire, nous avons tous besoin d'un apprentissage et d'une formation continue tout au long de notre carrière, et ce, pour de nombreuses raisons évidentes. Malheureusement, les donateurs financent souvent des projets à court terme pour atteindre des objectifs précis à court terme ; cependant, la planification systématique à long terme des effectifs est essentielle pour renforcer les capacités des organisations, tant au sein des ONG et du gouvernement que du secteur privé. En partageant

les efforts collectifs, les partenaires peuvent éviter le chevauchement des efforts et apprendre les uns des autres sur les nouvelles approches et les meilleures pratiques en matière de renforcement des capacités. Le but de l'événement parallèle du PFBC de juin 2019 à Malabo était de :

- Lancer le groupe de travail du PFBC sur le développement des capacités de conservation de la faune sauvage en Afrique centrale et élargir la participation.
- Discuter de ce que le groupe prévoit de réaliser
- Discuter des priorités, des lacunes et des possibilités de développement des capacités de conservation de la faune dans la région.
- Déterminer les méthodes les plus efficaces de communication et de partage de l'information entre les membres du groupe de travail du PFBC.
- Partager le soutien actuel et les efforts prioritaires.

La déclaration de bienvenue a été faite par Francis TARLA, Directeur du Groupe d'Action pour la viande de brousse en Afrique Centrale (CABAG), qui a noté qu'il existe de nombreuses opportunités de développement des capacités en Afrique centrale avec des exemples comme celui de Garoua Wildlife College, de nombreux autres sous le RIFFEAC (Le Réseau des Institutions de Formation Forestière et Environnementale de l'Afrique Centrale), le réseau des institutions de formation en conservation et exploitation des ressources naturelles dans le bassin du Congo ainsi que des initiatives en formation des ONG. Cependant, les ressources humaines dans le domaine de la conservation dans la région étaient encore insuffisantes (en quantité et surtout en qualité). Il est très stratégique pour le PFBC d'avoir un groupe d'experts qui se réunit régulièrement pour réfléchir sur les besoins, les priorités et les opportunités de renforcement des capacités en matière de conservation de la faune sauvage en Afrique centrale.

Le développement des capacités peut-être défini comme "la capacité des individus, des équipes, des organisations et des groupes d'intérêt de développer, d'améliorer et d'organiser leurs systèmes, leurs ressources et leurs connaissances ; tout cela se reflète dans leur capacité, individuellement et collectivement, d'accomplir des fonctions, de résoudre des problèmes et d'atteindre des objectifs".

Le développement des capacités dépendra de la façon

Nouvelles

dont il sera appliqué aux niveaux suivants :

1. De l'individu
2. De l'équipe
3. De la circonscription
4. De l'organisation
5. Systémique.

Il existe de nombreux exemples d'acteurs du renforcement des capacités de conservation en Afrique centrale, ainsi que de nombreuses organisations différentes qui organisent des formations, notamment : WWF, WCS, AWF, ZSL, GIZ, UCLA. De nombreux bailleurs de fonds ont soutenu le renforcement des capacités dans la région, tels que l'Union européenne, la Coopération allemande, le U.S. Fish and Wildlife Service, l'Agence des États-Unis pour le développement international, le Programme des Nations Unies pour le développement, la Coopération belge au développement, la Banque africaine de développement, des fondations (par exemple Jean-Paul II, Prince de Monaco), des gouvernements nationaux, des organismes régionaux (par exemple la CEEAC, PACEBCO, RAPAC), etc.

Les conclusions de la table ronde sur le développement des capacités de conservation de la faune sauvage du PFBC de novembre 2018 à Bruxelles ont été les suivantes :

- Mettre les donateurs et les partenaires au défi de travailler ensemble à long terme pour soutenir le développement des capacités de la main-d'œuvre.
- Recommander la création d'un groupe de travail du PFBC sur le développement des capacités de conservation de la faune sauvage pour discuter des synergies, partager les opportunités et les ressources.
- Conseiller au PFBC de créer une page Web pour partager les possibilités de formation.

Depuis que la Table ronde s'est tenue, il y en a eu :

- La circulation bimensuelle des possibilités de financement
- Le partage régulier des publications et des rapports sur les activités de renforcement des capacités de conservation.

Recommandations de l'événement parallèle de juin 2019 :

- Les experts devraient travailler ensemble à l'élaboration et à la mise à l'essai de stratégies et à l'intensification des succès dans le domaine du renforcement des capacités dans l'ensemble de la région.

- Le renforcement des capacités nécessite un financement pour la mise en œuvre des activités. Les experts de la faune sauvage devraient s'efforcer de solliciter des financements conjoints pour de longues périodes et avec une couverture plus large.

- Il est nécessaire d'approcher les décideurs, qui ne sont pas dans le domaine, pour faciliter la formation du personnel de la faune.

- Une formation conjointe des responsables de la faune sauvage de différents pays de la région est nécessaire pour leur permettre de travailler ensemble et d'apprendre à relever les défis transfrontaliers (par exemple, en envoyant des responsables ensemble au Collège de faune de Garoua pour une formation).

- Les possibilités de formation devraient être partagées suffisamment tôt, car il faut beaucoup de temps pour obtenir l'autorisation de certaines administrations gouvernementales.

- Il est nécessaire de renforcer les capacités des populations locales à gérer leurs propres ressources.

- Les aspects anthropologiques doivent être pris en considération car de nombreux projets n'ont pas atteint les objectifs fixés parce que les aspects culturels ont été négligés.

- Il est important d'organiser la traduction des informations sur le renforcement des capacités en espagnol, portugais, français et anglais pour les rendre accessibles dans toute la sous-région.

Les attentes des participants du groupe de travail sur le renforcement des capacités du PFBC sont les suivantes :

- Faciliter le financement des projets de renforcement des capacités

- Réflexion sur des formations adaptées à des défis tels que les conflits armés

- Veiller à ce que les programmes de conservation soient adaptés aux situations de la vie réelle.

- Renforcer les actions de renforcement des capacités dans le domaine des droits de l'homme, la situation devenant de plus en plus complexe

- Renforcer la formation des populations à la gestion de leurs ressources

- Tenir des sessions régulières lors des réunions du groupe de travail sur le développement des capacités du PFBC.

FVC : Le Conseil d'administration du Fonds Vert pour le Climat approuve 267 millions USD pour les actions climatiques et établit des procédures de prise de décisions

Le 9 juillet 2019 à Songdo

La 23^{ème} réunion du Conseil d'administration du Fonds vert pour le climat (FVC) a approuvé dix nouveaux projets et convenu des procédures d'adoption de décisions dans le cas où tous les efforts pour parvenir à un consensus sont épuisés.

Le Conseil d'administration a injecté 266,9 millions dollars USD dans les ressources du FVC pour l'action climatique dans les pays en développement. Grâce au financement conjoint, ces projets mobiliseront plus de 1 451,6 millions de dollars USD en faveur d'un développement à faibles émissions et résilient aux changements climatiques. Le FVC possède à présent un portefeuille de plus de 5,23 milliards USD avec 111 projets dans 99 pays en développement.

En réponse à un mandat dans le cadre de son instrument d'administration, le Conseil d'administration composé de 24 membres a aussi élaboré des procédures pour la prise de décisions en l'absence de consensus.

Le Conseil d'administration a pris note du premier examen indépendant des performances du FVC au cours de ses quatre premières années d'activité. Le Conseil d'administration a également adopté de nouvelles normes pour la mise en œuvre des politiques contre le blanchiment d'argent et de lutte contre le

financement du terrorisme, ainsi qu'une politique actualisée relative à la prévention et la protection contre l'exploitation, les abus et le harcèlement sexuels.

Au cours de cette réunion, les demandes de quatre nouvelles Entités accréditées ont été approuvées, y compris trois entités d'accès direct qui permettent aux institutions nationales et régionales d'avoir accès aux fonds du FVC.

« L'approbation de dix nouveaux projets d'une valeur de 267 millions de dollars USD renforce l'importance du FVC pour les pays en développement », a déclaré le co-président Nagmeldin Goutbi Elhassan Mahmoud. « En moins de quatre ans, le FVC s'est construit un portefeuille impressionnant et est prêt à accélérer son soutien pour atteindre l'urgence de la crise climatique ».

Selon la co-présidente Josceline Wheatley, « il s'agit d'une réunion importante du Conseil d'administration qui nous donne un bon élan pour reconstituer les ressources du FVC plus tard cette année. Les membres du Conseil d'administration ont travaillé en étroite collaboration pour convenir des politiques et procédures clés ».

ITTO-Bassin du Congo: il faut davantage de professionnels de la foresterie

Le 28 Aout 2019 à Yokohama au Japon

Alors que les marchés de consommateurs exigent de manière grandissante des preuves de la légalité des bois, les pays du bassin du Congo manquent encore de personnes qualifiées pour mettre en place des mesures liées à la durabilité et à la légalité, selon Claude Kachaka Sudi, Coordinateur Régional du Réseau des Institutions de Formation Forestière et Environnementale d'Afrique Centrale.

Sudi s'exprimait lors de la manifestation de l'OIBT en marge de la TICAD-7 à Yokohama, au Japon, tenue le 28 août dernier, qui était coorganisée par l'OIBT, l'Agence japonaise des forêts et l'Agence japonaise de coopération internationale (JICA), avec le concours du Ministère japonais des affaires étrangères, de la Ville de Yokohama et du département de Kanagawa.

Sudi a expliqué aux participants que les exigences de preuves de la légalité des bois sur les marchés

d'importation constituaient un défi considérable en termes d'enseignement et de formation dans le domaine de la gestion durable des forêts (GDF) dans les pays du bassin du Congo. En effet, nombreux sont dans cette sous-région les producteurs de bois qui ne disposent pas des ressources humaines qualifiées pour traiter les exigences et subtilités d'une chaîne d'approvisionnement de type légal et durable, depuis l'arbre sur pied en forêt jusqu'aux rayons des magasins dans les pays consommateurs.

Sudi a ajouté qu'il fallait étoffer l'enseignement et la formation dans des domaines aussi divers que, par exemple, l'inventaire forestier et la planification, les pratiques de la GDF, les opérations forestières, la production, la vérification, la certification, la traçabilité du bois, la transformation du bois, l'expédition et la commercialisation. Développer les

ressources humaines dans ces domaines contribuera à réaliser les Objectifs de développement durable et notamment les ODD 4 (Enseignement de qualité), 8 (Travail décent et croissance économique),

9 (Industrie, innovation et infrastructures), 13 (Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques) et 15 (Vie terrestre).

CAFI-Le Gabon, premier pays d'Afrique à recevoir des paiements pour la préservation de sa forêt

Le 22 septembre 2019 à New York aux Etats-Unis

Le pays, dont la forêt couvre près de 90% de son territoire, reçoit un appui financier majeur de la Norvège pour continuer à lutter contre le changement climatique en préservant ses ressources naturelles.

L'accord de 150 millions de dollars annoncé aujourd'hui entre le Gabon et la Norvège dans le cadre de l'Initiative pour la forêt de l'Afrique centrale (CAFI) est historique à bien des égards. Pour la première fois, les efforts d'un pays d'Afrique sont valorisés dans un contrat de dix ans pour la réduction de ses émissions de gaz à effet de serre due à la déforestation et à la dégradation, et pour l'absorption du dioxyde de carbone par ses forêts naturelles. L'accord inclut un signal de prix important en fixant le prix plancher du carbone à 10 dollars la tonne lorsque les résultats sont certifiés [1] et à 5 dollars pour le cas contraire.

Le Gabon a préservé la majorité de sa forêt vierge préservée depuis le début des années 2000 en créant 13 parcs nationaux, dont l'un est classé au patrimoine mondial de l'UNESCO. Le pays a considérablement progressé dans la gestion durable de ses ressources en bois hors des parcs. En conséquence, alors qu'il ne possède que 12 pour-cent des forêts du bassin du Congo, le Gabon héberge près de 60 pour-cent des éléphants de forêt qui subsistent en Afrique – un indicateur clé de bonne gestion des ressources naturelles.

Cette annonce a été faite alors que les dirigeants du monde sont réunis à New York pour le Sommet Action Climat 2019 à l'appel du Secrétaire général des Nations Unies, pour présenter des plans réalistes visant à renforcer leurs contributions déterminées au niveau national (CDN) d'ici 2020, afin de parvenir à zéro émission nette de gaz à effet de serre au milieu

du siècle. Dans son nouveau CDN, le Gabon cherche à réduire ses émissions de plus de 50% par rapport à 2005, ceci en réduisant de moitié les émissions du secteur forestier.

«Je suis très heureux de ce partenariat axé sur les résultats entre le Gabon et CAFI, qui inclut un prix plancher du carbone historique à 10 dollars américains la tonne, pour mieux inciter le Gabon à continuer à préserver sa forêt tropicale. C'est une avancée majeure pour la REDD+ en Afrique, » a déclaré Ola Elvestuen, Ministre norvégien du Climat et de l'Environnement.

«L'accord prend correctement en compte le statut particulier du Gabon en tant que pays à forte couverture forestière et à faible taux de déforestation. Le pays est recouvert à 88% de forêts et j'espère que notre partenariat pourra les aider à atteindre leur objectif de maintenir 98% (de ce couvert forestier) à l'avenir,» a-t-il souligné.

L'accord récompensera à la fois les performances passées – résultats vérifiés depuis 2016 par rapport à la précédente décennie (2005-2014) – et les résultats futurs, en procédant à des paiements annuels jusqu'en 2025.

« Nous devons augmenter la valeur des forêts tropicales gabonaises, afin de garantir que la conservation et l'exploitation durable puissent être utilisées comme outils pour améliorer le niveau de vie de la population gabonaise en créant des emplois et des moyens de subsistance, tout en préservant nos trésors naturels et nos écosystèmes riches en biodiversité, » a commenté le Professeur Lee White, Ministre gabonais de la Forêt, de la Mer, de l'Environnement, chargé du Plan climat.

Source : Partenariat pour les Forêts du Bassin du Congo (PFBC / www.pfbc-cbfp.org)

Living territories to transform the world

**Authors : Patrick Caron, Elodie Valette, Tom Wassenaar, Geo Coppens d'Eeckenbrugge, Vatché Papi-
zian ; ISBN : 978-2-7592-2732-7 ; Référence : 02611EPB**

Editor : Quae ; Co-éditeur : AFD, Cirad ; Published : 03/07/2017 ; 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.

Environnement et Sociétés rurales en mutation - Approches alternatives

**Auteurs : Michel Picouet, Mongi Sghaier, Didier Genin, Ali Abaab, Henri Guillaume et Mohamed Eloumi
ISBN : 9782709915472 ISBN électronique : 9782709917964 DOI : 10.4000/books.irdeditions.1076**

Editeur : IRD Éditions, Collection : Latitudes ; Année d'édition : 2004 ; Nombre de pages : 392 p.

Les interactions entre sociétés humaines et environnement constituent un défi majeur pour l'avenir de la planète. Les conférences internationales (Rio, Kyoto, Johannesburg, etc.) montrent toute l'ambiguïté et tous les enjeux économiques et politiques nationaux qui s'y expriment. Dans ce contexte hautement politique, comment créer des convergences qui répondent aux besoins des populations et à une gestion environnementale appropriée ? C'est bien là toute la difficulté du développement durable. L'une des réponses qu'apporte ce livre passe par la nécessité de renouveler en profondeur les problématiques scientifiques et par l'importance de développer des études au niveau local ; car c'est là où se trouvent

confrontées les stratégies des sociétés et les réponses qu'elles apportent aux multiples contraintes auxquelles elles ont à faire face.

Connaître et faire connaître, dans les processus de prise de décision, les capacités d'adaptation et d'innovation des sociétés locales, cerner de nouveaux modes de régulation pour l'usage des ressources naturelles, proposer des stratégies alternatives de développement durable : tels sont les enjeux fondamentaux des études développées dans ce livre, à partir d'exemples contrastés pris dans la zone bioclimatique méditerranéenne.

L'étonnante intelligence des oiseaux

Auteur : Nathan Emery ; ISBN : 978-2-7592-2710-5

Editeur : Quae ; Parution : 02/11/2017 ; Nb de pages : 192

« Tête de linotte ! », « cervelle de piaf ! »... Les humains abusent de noms d'oiseaux et se moquent au passage de leur prétendue bêtise. Mais savons-nous réellement de quoi nous parlons ? De la corneille japonaise qui casse ses noix en utilisant les feux de circulation, de la fauvette à tête noire qui fait la liaison pôle Nord / pôle Sud, du geai buissonnier qui sait évaluer « la date

» de péremption des aliments cachés ou de la pie qui imite à la perfection la sonnerie du téléphone ?... Les exemples abondent, amusent, intriguent, et toujours remettent en question nos clichés.

Faisant la synthèse des recherches les plus incontournables et les plus prometteuses, l'auteur nous guide avec clarté dans les méandres du cerveau

Suggestions de Lecture

aviaire. Il élargit la notion d'intelligence à d'autres espèces que les primates, ce qui permet de porter un regard différent sur les mécanismes de l'intelligence en général, la nôtre en particulier.

Au terme de ce voyage, le lecteur ne regardera

probablement plus seulement les oiseaux pour la beauté de leur plumage et la grâce de leur vol, mais aussi pour leurs exceptionnelles facultés d'adaptation, d'orientation, de communication, et même de créativité !

Petit précis de mondialisation - Tome 4, Géopolitique du moustique

Auteur : Erik Orsenna ; ISBN : 978-2-213-70134-9 EAN : 9782213701349

Editeur : Fayard ; Date de parution : 29/03/2017 ; Nb. de pages : 278 pages

“Les moustiques viennent de la nuit des temps (250 millions d'années), mais ils ne s'attardent pas (durée de vie moyenne : 30 jours). Nombreux (3 564 espèces), volontiers dangereux (plus de 700 000 morts humaines chaque année), ils sont répandus sur les cinq continents (Groenland inclus). Quand ils vrombissent à nos oreilles, c'est une histoire qu'ils nous racontent : leur point de vue sur la mondialisation.

Une histoire de frontières abolies, de mutations permanentes, de luttes pour survivre, de santé planétaire, mais aussi celle des pouvoirs humains (vertigineux) qu'offrent les manipulations génétiques. Allons-nous devenir des apprentis sorciers ? Toutefois,

ne nous y trompons pas, c'est d'abord l'histoire d'un couple à trois : le moustique, le parasite et sa proie (nous, les vertébrés). Après le coton, l'eau et le papier, je vous emmène faire un nouveau voyage pour tenter de mieux comprendre notre terre.

Guyane, Cambodge, Pékin, Sénégal, Brésil, sans oublier la mythique forêt Zika (Ouganda) : Je vous promets des surprises et des fièvres !”, Erik Orsenna. “Pour un tel périple dans le savoir, il me fallait une alliée. Personne ne pouvait mieux jouer ce rôle que le docteur Isabelle de Saint Aubin, élevée sur la rive du fleuve Ogooué, au coeur d'un des plus piquants royaumes du moustique”.

Recyclage de déchets organiques en agriculture - Effets agronomiques et environnementaux de leur épandage

Auteurs : Sabine Houot, Marie-Noëlle Pons, Marilyns Pradel, Anaïs Tibi ; ISBN : 978-2-7592-2509-5

Editeur : Quae ; Parution : 13/10/2016 ; Nb de pages : 200

La fertilisation organique des cultures et des prairies est historiquement basée sur l'épandage des déjections animales. Au cours du XX^e siècle, les engrais minéraux sont venus compléter voire supplanter cette pratique. Plus récent, l'emploi en agriculture de matières provenant de diverses filières de traitement des déchets domestiques et industriels (eaux usées, ordures ménagères, effluents industriels...) répond à des enjeux forts tels que l'amélioration du recyclage des déchets, le renchérissement des coûts de l'énergie nécessaire à la fabrication des engrais minéraux de synthèse, la raréfaction des ressources minières (notamment le phosphore) et la dégradation des taux de matière organique des sols.

Cette ressource en matières fertilisantes d'origine résiduaire (Mafor) contient des éléments nutritifs en mesure de se substituer au moins en partie aux engrais minéraux de synthèse, mais son épandage

ne peut être envisagé que si les risques associés sont acceptables pour l'environnement et pour l'homme.

Synthèse d'une expertise scientifique collective réalisée à la demande des ministères en charge de l'Écologie et de l'Agriculture, cet ouvrage présente un panorama des ressources et de l'usage des Mafor en contexte français, et donne des clefs pour instruire la question de leur substitution aux engrais minéraux. Il fait le point sur les impacts agronomiques, environnementaux et socio-économiques de leur épandage et met en évidence la difficulté à réaliser un bilan quantitatif des avantages et des inconvénients du recours à ces matières.

Associant sciences biologiques et sciences sociales, cet ouvrage intéressera les chercheurs, étudiants ou professionnels des filières de valorisation de ces matières, mais s'adresse également aux gestionnaires et aux décideurs.

Les arbres, entre visible et invisible - S'étonner, comprendre, agir

Auteur : Ernst Zürcher ; ISBN : 978-2-330-06594-2 ; EAN : 9782330065942

Editeur : Actes Sud ; Date de parution : 07/09/2016 ; Nb. de pages : 283 pages

Arbres et forêts sont aujourd'hui menacés, alors qu'ils pourraient devenir nos meilleurs alliés. Un nouveau regard sur la nature, selon une démarche scientifique, permet de lever le voile des apparences et de révéler des particularités insoupçonnées des arbres. Des savoirs traditionnels apparaissent alors parfois biologiquement visionnaires - tandis que, par ailleurs, la science découvre des phénomènes dont même la tradition n'avait pas idée.

Ce livre brosse un panorama dans lequel le visible et l'invisible s'entrecroisent. Il y est question des peuples de l'arbre, du secret de la longévité des arbres, du nombre d'or, d'eau "nouvelle", de marées dans les fûts et de pouls cosmique des bourgeons, de messages subtils des arbres, aujourd'hui mesurables, tels les signes avant-coureurs de tremblements de terre, et de

bien d'autres choses encore : qu'est-ce que le "bois de lune" ? Que nous révèle un "électrodendrogramme" ? Comment une maison en bois, un feu de bois ou tout simplement l'air de la forêt agissent-ils sur notre santé ? Pourquoi les arbres et les forêts ont-ils été des sources de fertilité pour l'agriculture et comment peuvent-ils le redevenir - et par là même agir contre l'effet de serre ? Sous de multiples aspects, les arbres peuvent nous enrichir et nous inspirer, pour autant que nous les intégrions dans nos actions.

Très concrètement, ils constituent un moyen non seulement d'atténuation, mais aussi de résolution de la catastrophe climatique en cours. Et, bien plus que nous ne l'imaginons, ils peuvent aider à régénérer les hommes et à faire reverdir la Terre.

Mémento de planctologie marine

Auteur : Jean d'Elbée ; ISBN : 978-2-7592-2413-5

Editeur : Quae ; Parution : 13/10/2016 ; Nb de pages : 528

L'inquiétude entretenue par les conséquences du réchauffement climatique et de l'acidification des océans a placé les organismes planctoniques au cœur de l'actualité. Flottant et dérivant dans un milieu qui couvre les trois quarts de la surface de notre planète, ils sont considérés comme des sentinelles particulièrement réactives aux perturbations actuelles et à venir de l'océan mondial. Toutes les activités halieutiques déployées par l'homme pour assurer ses besoins alimentaires reposent sur leur formidable capacité et rapidité à produire de la biomasse marine.

Afin de répondre à cette actualité et à une demande d'information croissante sur le sujet, cet ouvrage, sans équivalent dans l'édition française, présente l'écosystème planctonique marin dans son ensemble. En treize chapitres, il propose un large panorama de thématiques où sont abordés successivement le

fonctionnement du milieu pélagique, les méthodes d'études du plancton, la biologie, la biodiversité et l'écologie des organismes planctoniques, et les nombreuses interférences des facteurs sociétaux générées par les activités humaines sur le plancton marin. Les processus physico-chimiques ou biologiques sont étayés par des exemples concrets chiffrés. Une abondante iconographie accompagne le texte et en facilite la compréhension.

Ce livre se veut à la fois un ouvrage d'initiation accessible à tous, les amoureux de l'océan et ceux intéressés par l'écologie marine ou engagés dans sa préservation. C'est également un document de référence s'adressant à un public averti soucieux d'une meilleure compréhension du fonctionnement de l'écosystème planctonique.

Tout peut changer - Capitalisme & changement climatique

Auteur : Naomi Klein ; ISBN : 978-2-330-07039-7 EAN : 9782330070397

Editeur : Babel ; Date de parution : 12/10/2016 ; Nb. de pages : 883 pages

Oubliez tout ce que vous croyez savoir sur le réchauffement climatique. La "vérité qui dérange" ne

tient pas aux gaz à effet de serre, la voici : notre modèle économique est en guerre contre la vie sur Terre. Au-delà

Suggestions de Lecture

de la crise écologique, c'est bien une crise existentielle qui est en jeu - celle d'une humanité défendant à corps perdu un mode de vie capitaliste et libéral qui la mène à sa perte. Pourtant, prise à rebours, cette crise pourrait bien ouvrir la voie à une transformation sociale radicale susceptible de faire advenir un monde non seulement habitable, mais aussi plus juste.

Le changement climatique est un appel au réveil civilisationnel, un puissant message livré dans la langue des incendies, des inondations, des tempêtes et des sécheresses. Nous n'avons plus beaucoup de temps devant nous. L'alternative est simple : changer... ou disparaître.

Insectes et acariens des cultures maraîchères en milieu tropical humide

Auteurs : Philippe Ryckewaert, Béatrice Rhino ; ISBN : 978-2-7592-2570-5

Editeur : Quae ; Parution : 09/02/2017 ; Nb de pages : 152

Les insectes et les acariens constituent des ravageurs importants des cultures maraîchères dans toutes les régions tropicales du monde, dont les îles de l'Outre-mer français et les territoires proches. L'épandage d'insecticides et d'acaricides n'a résolu que temporairement les problèmes rencontrés et aujourd'hui, les méthodes de protection agro-écologique des cultures sont recommandées. Elles mettent en œuvre la prophylaxie, la lutte physique, la lutte biotechnique et la lutte biologique.

La reconnaissance des différents ravageurs et des « utiles » est la première étape de la lutte biologique. Cet ouvrage s'efforce de faciliter cette tâche, en décrivant les principaux groupes d'arthropodes en 22 fiches : d'une part, les ravageurs, d'autre part, les ennemis naturels, prédateurs et parasitoïdes. La

bio-écologie de ces groupes et les moyens existants pour contrôler les ravageurs sont détaillés avec de nombreuses photos à l'appui.

L'objectif de cet ouvrage est également de comprendre le développement des ravageurs et des « utiles » dans les cultures et de mieux gérer les moyens limitant leurs populations. Cela permettra de mettre en œuvre la lutte biologique, via des prédateurs et des parasitoïdes, et des pratiques agro-écologiques, comme l'utilisation de plantes de service, qui augmentent la diversité biologique et participent à la régulation des populations des ravageurs des agrosystèmes. Cet ouvrage facile à aborder est destiné aux professionnels du maraîchage, particulièrement en zone tropicale, et aux conseillers et techniciens des pratiques agro-écologiques.

L'économie symbiotique - Régénérer la planète, l'économie et la société

Auteur : Isabelle Delannoy ; ISBN : 978-2-330-08021-1 ; EAN : 9782330080211

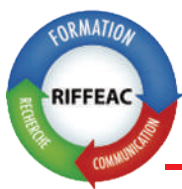
Editeur : Actes Sud ; Date de parution : 04/10/2017 ; Nb. de pages : 337 pages

Ce livre porte une extraordinaire ambition. Celle de proposer une théorie économique radicalement nouvelle : l'économie symbiotique, capable de faire vivre en harmonie les êtres humains et les écosystèmes. Pour la première fois, Isabelle Delannoy propose une synthèse entre de nombreuses techniques et recherches mises en lumière ces dernières années : permaculture, économie circulaire, économie de la fonctionnalité, du partage - pair à pair -, économie sociale et solidaire, monnaies complémentaires...

En associant les bénéfices de chacune d'entre elles et en en trouvant le principe commun, elle parvient à des résultats époustouflants. Dans de nombreux domaines nous pourrions réduire de plus de 90% notre utilisation de matière tout en redéveloppant les

capacités productives des territoires. Nous pourrions remplacer l'utilisation du métal et des minerais par celle de plantes et éviter ainsi d'envoyer des êtres humains au fond des mines. Nous pourrions créer des cités autonomes en eau, en énergie, en nourriture fraîche, mêlant immeubles-forêts et jardins filtrants, cités numériques et jardins d'hiver, autoroutes à vélo et véhicules autoconstruits, agriculture, fablabs et manufactures locales. L'économie symbiotique s'appuie sur la symbiose entre l'intelligence humaine, la puissance des écosystèmes naturels et la technosphère (les outils).

En trouvant le juste équilibre entre les trois, il est possible de produire sans épuiser les ressources, mais en les régénérant.



Revue Scientifique et Technique

Forêt & Environnement

Bassin du Congo

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 efficace?
- 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

privilégiées) 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**

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 :

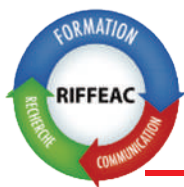
- Adresse électronique (email) de l'auteur;
- Adresse postale complète de l'auteur;
- Numéro de téléphone.

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, 6th 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, hystograms, 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

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
Phone : + (237) 222 208 065 / 679 507 544 Subscription sheet available on 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



**GROUPE 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).

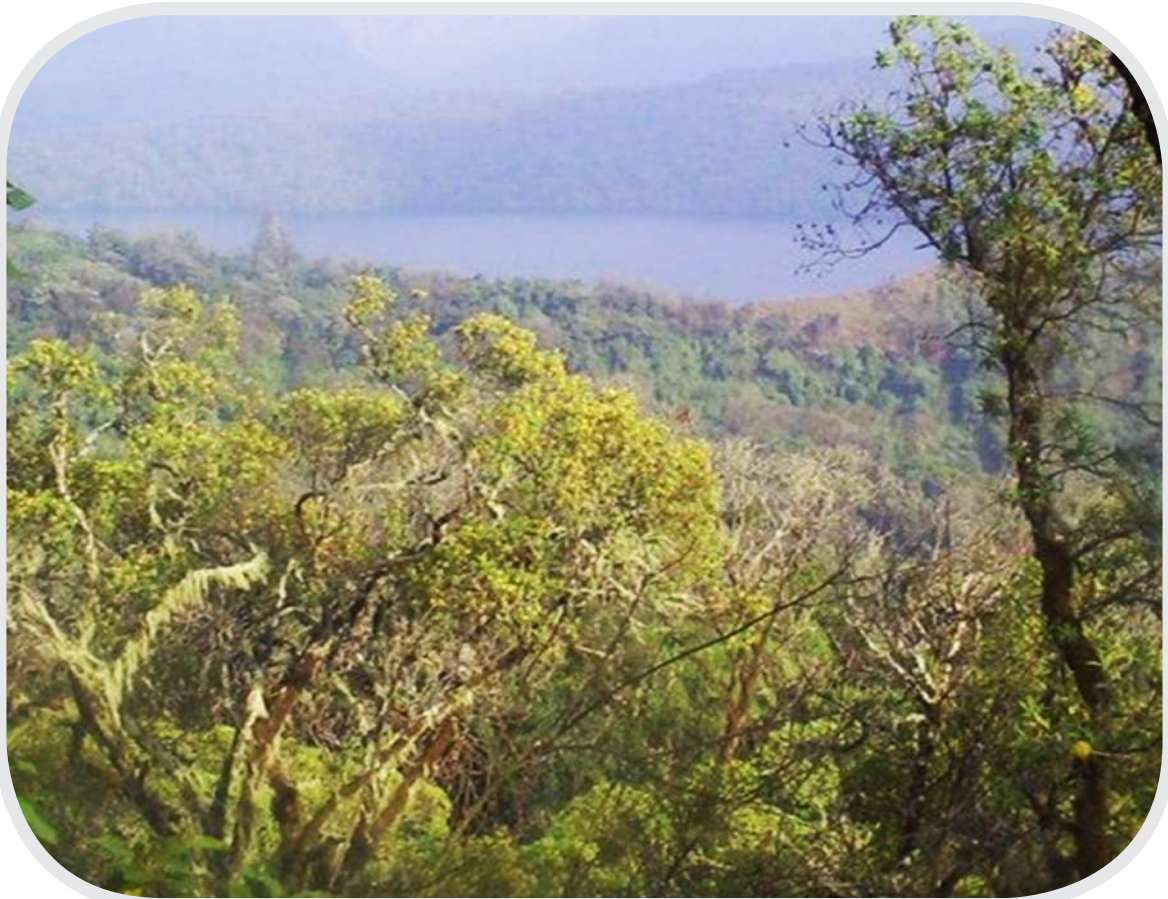
3. Au 31 octobre 2013, le portefeuille du FFBC dispose de 41 projets, soit : i) 15 projets de la société civile approuvés à l'issue du 1^{er} appel à propositions lancé en 2008 ; ii) 36 projets approuvés à l'issue du second appel à propositions lancé en décembre 2009, dont 23 projets gouvernementaux 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 / www.afdb.org
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 / www.afdb.org
CBFFSecretariat@afdb.org**