



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Richesse De La Flore Ligneuse Exploitable Et Planification Des Émissions Du CO₂ Dans Une Forêt De Production Du Mayombe Congolais

*Félix Koubouana,
Irène Marie Cécile Mboukou Kimbatsa Née Goma
Leckoundzou Ayessa,
Saint Fédriche Ndzai,
Benicia Marietta Bissanga,
Donatien Nzala,*

Laboratoire de Géomatique et d'Ecologie Tropicale Appliquée (LGETA),
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Université Marien
Ngouabi, Brazzaville Congo

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n14p75](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n14p75)

Submitted: 21 March 2021

Accepted: 12 April 2022

Published: 30 April 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Félix Koubouana, Irène Marie Cécile Mboukou Kimbatsa Née Goma, Leckoundzou Ayessa, Saint Fédriche Ndzai, Benicia Marietta Bissanga, & Donatien Nzala. (2022). *Richesse De La Flore Ligneuse Exploitable Et Planification Des Émissions Du CO₂ Dans Une Forêt De Production Du Mayombe Congolais* European Scientific Journal, ESJ, 18 (14), 75.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n14p75>

Résumé

Il est actuellement admis que l'exploitation forestière industrielle s'accompagne des impacts négatifs sur l'environnement, notamment la perte de biomasse aérienne et les forêts du bassin du Congo sont également sujettes à ce phénomène. Dans le but d'évaluer les pertes du carbone aérien dans une forêt de production au Congo, une étude d'écologie végétale appliquée a été menée dans l'AAC-2020 Malemba. L'assiette annuelle de coupe constitue la superficie délimitée dans laquelle les essences forestières sont abattues. A cet effet, près de 5 000 ha de l'AAC ont été quadrillés par des layons principaux et des layons secondaires délimitant ainsi des parcelles d'exploitation de 1 000 m x 500 m, soit 50 ha. Par la suite, toutes les essences de diamètre supérieur ou égal à 60 cm ont été inventoriées et identifiées tout en notant leur diamètre à 1,30 m du sol. Le volume maximal annuel à exploiter a été calculé à partir des équations du tarif de cubage défini pour chaque essence. La biomasse

aérienne a été calculée à partir d'une équation allométrique impliquant le diamètre et la densité de chaque essence. La superficie ouverte par les différentes opérations forestières (construction de route, abattage, installation des parcs forêt) a été calculée. Au total 2496 arbres de DBH \geq 60 cm ont été recensés dans l'AAC-2020 Malemba, réparties en 47 espèces et 19 familles. Le volume maximal annuel de l'AAC est de 8 856 m³ avec une biomasse aérienne de 43327,29 tonnes, soit une émission planifiée de 75 172,83 tCO₂. Les émissions planifiées pour la construction des routes, de l'abattage des arbres et de l'installation des parcs-forêts sont respectivement de 55044,53 tCO₂, 015,34 tCO₂ et 8 722,68 tCO₂. Les émissions planifiées calculées suivant les différentes sources d'émission considérées sont de 35% pour la construction des routes, 32% pour l'abattage des arbres, 28% pour la biomasse aérienne et 5% pour l'installation des parcs-forêt. La planification des émissions dans une forêt de production pourrait contribuer à réduire les impacts de l'exploitation industrielle des en prévoyant l'application des procédures de l'exploitation à faible impact suivant les sources d'émission.

Mots clés : Forêt de production, biomasse aérienne, émission du CO₂, source d'émission.

Richness of Exploitable Woody Flora and Planning of CO₂ Emissions in a Production Forest in the Congolese Mayombe

*Félix Koubouana,
Irène Marie Cécile Mboukou Kimbatsa Née Goma
Leckoundzou Ayessa,
Saint Fédriche Ndzai,
Benicia Marietta Bissanga,
Donatien Nzala,*

Laboratoire de Géomatique et d'Ecologie Tropicale Appliquée (LGETA),
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Université Marien
Ngouabi, Brazzaville Congo

Abstract

It is currently accepted that industrial logging is accompanied by negative environmental impacts, including the loss of aboveground biomass, and the forests of the Congo Basin are also subject to this phenomenon. In order to assess above-ground carbon losses in a production forest in Congo, an applied plant ecology study was conducted in AAC-2020 Malemba. The annual cutting base is the delimited area in which forest species are felled. To this end, nearly 5,000 ha of the AAC were gridded by main and secondary layons, thus delimiting logging plots of 1,000 m x 500 m, i.e. 50 ha. Then, all

species with a diameter greater than or equal to 60 cm were inventoried and identified while noting the diameter at 1.30 m from the ground. The maximum annual volume to be harvested was calculated from the equations of the cubing rate defined for each species. The aboveground biomass was calculated from an allometric equation involving the diameter and density of each species. The area opened by the different forestry operations (road construction, felling, installation of forest parks) was calculated. A total of 2496 trees with DBH \geq 60 cm were identified in the CAA-2020 Malemba, divided into 47 species and 19 families. The maximum annual volume of is 8,856 m³ with an aboveground biomass of 43327.29 tons, or a planned emission of 75,172.83 tCO₂. The planned emissions for road construction, tree felling and forest park installation are 55044.53 tCO₀, 015.34 tCO₂ and 8722.68 tCO₂ respectively. The planned emissions calculated according to the different emission sources considered are 35% for road construction, 32% for tree felling, 28% for aboveground biomass and 5% for forest park installation. Emissions planning in a production forest could help reduce the impacts of industrial logging by providing for the application of low-impact logging procedures according to emission sources.

Keywords: Production forest, aboveground biomass, CO₂ emission, emission source.

Introduction

Les forêts tropicales représentent environ 45% des forêts mondiales (FAO, 2020). Elles stockent 40 à 50% du carbone terrestre et jouent un rôle majeur dans le cycle global du carbone (Brown, 1997 ; Pan *et al.*, 2011). La perte du couvert forestier résultant de la déforestation et de la dégradation de ces forêts contribue à environ 10 à 15% des émissions mondiales annuelles de gaz à effet de serre (Pearson, 2005 ; Van der werf *et al.*, 2009).

Le dioxyde de carbone (CO₂) participe au réchauffement climatique (GIEC, 2004) et c'est ainsi que le carbone reste au cœur des discussions internationales (Pignard *et al.*, 2004). Pour lutter contre ce fléau, les instruments juridiques internationaux n'ont cessé de se multiplier pour tenter de gérer les problèmes environnementaux considérés comme planétaires par excellence (Pignard *et al.*, 2004). L'augmentation des émissions de carbone est l'une des principales préoccupations traitée non seulement au Protocole de Kyoto (Ravindranath *et al.*, 1997), mais aussi aux différentes sommets de la terre, qui reconnaissent que les forêts devraient être les meilleurs puits de carbone pour stocker le CO₂ de la planète se trouvant dans l'atmosphère (Alamgi et Amin., 2008 ; Jacques et Saugier, 2008 ; Pan *et al.*, 2011).

Dans le contexte international, vue le rythme croissant de déforestation, de nombreux pays se sont donnés comme priorité d'atteindre l'objectif « 2000 »

de l'OIBT visant à aménager durablement les forêts de production (FAO, 2020). Les efforts globaux pour la mise en place de ces aménagements ont amené la plupart des pays forestiers à l'utilisation de techniques d'Exploitation Forestière à Impact Réduit (EFIR) (Sist et al., 1998 ; Djuikouo et al. 2010). Ces techniques sont considérées aujourd'hui comme des outils majeurs pour la gestion durable des forêts tropicales (Durrieu de Madron et 1998).

De nombreux pays d'Afrique Centrale dont le Congo, ont exprimé leur engagement à travers un programme de développement à faible émission de carbone dans le secteur de l'aménagement du territoire, en poursuivant la mise en œuvre de la REDD+ (réduction des émissions provenant du déboisement et de la dégradation des forêts associées à la gestion durable des forêts). Au Congo, ce document de programme de réduction d'émissions vise à valoriser le carbone forestier et à diversifier l'économie forestière (CN-REDD, 2016). Il a pour objectif la maîtrise et la planification des émissions du CO₂ et la réduction de ces émissions par la gestion durable des paysages, l'amélioration et la diversification des moyens de subsistance locaux et la préservation de la biodiversité. C'est dans ce cadre que des études sont menées dans les différents types de forêts du pays. Cependant, celles-ci restent encore concentrées dans la partie nord du pays (Koubouana et al, 2016 ; Koubouana et 2019 ; Ekoungoulou et al., 2018) alors que les forêts du sud ont été les premières soumises à la déforestation et à la dégradation forestière.

De par sa proximité du port de Pointe Noire et bénéficiant du passage du chemin de fer, la forêt du Mayombe a connu plusieurs passages d'exploitation forestière depuis des années 1930 (Koubouana et al. 2019). De plus, avec la construction de la route bitumée Pointe Noire – Brazzaville traversant le Mayombe, cette forêt est exposée à une dégradation rapide due à l'exploitation industrielle du bois d'œuvre et à l'agriculture itinérante sur brulis (Kimpolo et al. 2021).

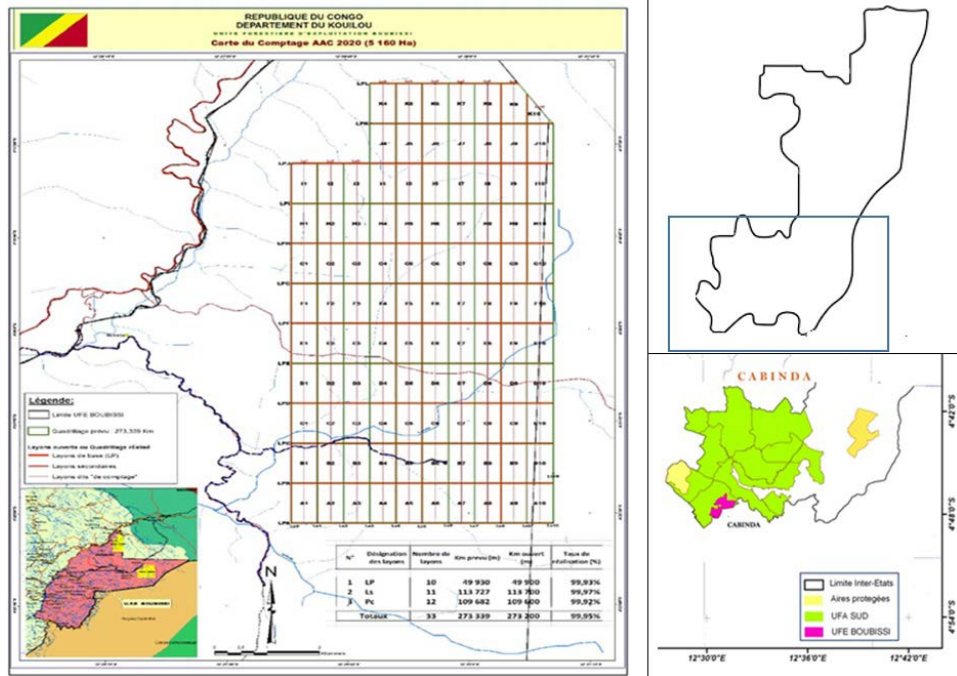
La présente étude a pour objectif général d'évaluer les émissions de carbone dues à l'exploitation de la forêt dense humide semi-décidue de Boubissi dans le Mayombe congolais.

Materiels Et Methodes

Présentation De La Zone D'étude

Cette étude a été menée dans l'AAC 2020 Malemba en 2020. En effet, l'AAC 2020 Malemba qui s'étend sur une superficie de 5 000 ha, est située dans l'unité forestière d'exploitation (UFE) Boubissi dans le Mayombe congolais. Elle se trouve géographiquement entre 12°28'45'' et 12°31'15'' Est, et entre 4°22'30'' et 4°17'30'' Sud (Figure 1). Le choix du site se justifie parce que nous avons été conviés à mener l'inventaire d'exploitation de cette assiette annuelle de coupe.

Figure 1 : Situation géographique de l'AAC Malemba



Le climat de la zone d'étude est de type Bas-congolais (Samba-Kimbata, 1978). Les données collectées auprès de la direction nationale de la météorologie montrent que la pluviométrie moyenne oscille entre 1200 et 1400 mm. Le régime pluviométrique montre deux maxima (février-mars : 210 mm d'une part et novembre-décembre : 190 mm d'autre part) séparés par une saison sèche qui dure de juin à septembre (Figure 2). Les températures ne varient pas trop ; les moyennes des thermiques mensuelles oscillent entre 21 et 27 °C (Figure 2). L'humidité relative de l'air reste élevée autour de 98%.

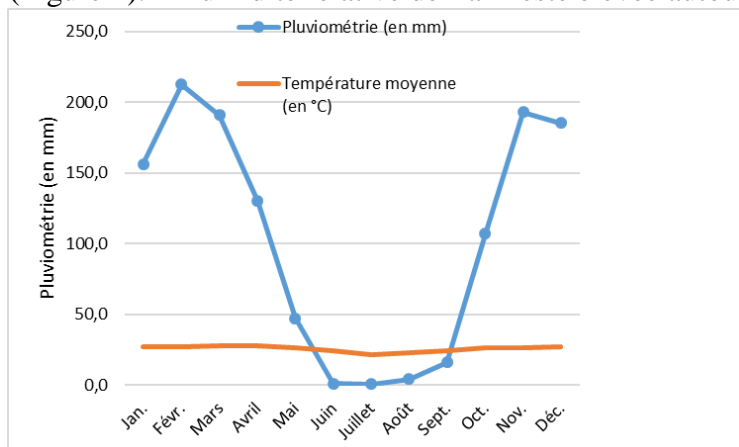


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la station de Pointe Noire de 1995-2015 (source : Direction Nationale de la Météorologie, 2020)

La zone d'étude fait partie de la chaîne du Mayombe d'âge précambrien (Jamet & Rieffel, 1976). Les roches y sont d'origine essentiellement schisteuse ou gréseuse, avec des intrusions de roches cristallines variées telles que les granites, les diorites quartziques, les "roches vertes" (Jamet & Rieffel, 1976). Ce site d'étude est caractérisé par les séries géologiques de Bikossi, de la Loukoula, de Mvouti, de la Mossouva et de la tillite inférieure du bas-Congo (Jamet & Rieffel, 1976). Par ailleurs, les sols de l'AAC Malemba sont des sols ferrallitiques désaturés chimiquement pauvres avec trois niveaux : un niveau supérieur meuble à texture fine, un niveau moyen induré et un niveau inférieur bariolé correspondant à la roche mère altérée (CNIAF, 2018). On y retrouve également par endroits des sols hydromorphes qui sont situés à majorité autour des principaux cours d'eau, notamment au sud de la Loémé (Nzila, 1996).

Le Mayombe étant une chaîne montagneuse large de 30 à 60 km qui a connu plusieurs périodes d'aplanissement avant d'être à nouveau soulevée, des couches de roches anciennes dont il ne reste en général que les racines, offrent à l'érosion une résistance inégale, et le relief est typiquement appalachien (Jamet & Rieffel, 1976) avec une succession de crêtes quartziques culminant à près de 930 m vers le mont Fougouti, et des dépressions allongées ou petits déblayés dans les schistes tendres (bassin Mvouti, au pied du mont Bamba). Cette chaîne du Mayombe est couverte d'une végétation forestière secondaire composée de nombreuses espèces végétales dont les plus importantes sont : *Klainedoxa gabonensis* Pierre ex Engl., *Baillonella toxisperma* Pierre, *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Leonad, *Staudtia kamerunensis* Warb., *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben, *Nauclea diderichii* (De Wild. & T. Durand) Merr.

Dispositif de collecte des données

Pour collecter les données de terrain, nous avons procédé à un inventaire d'exploitation qui a consisté d'abord à délimiter l'AAC Malemba en utilisant un GPS MAP Garmin 64 sc et une boussole de modèle Sunnto MB-6. Puis, nous avons poursuivi avec l'opération de layonnage qui a consisté à ouvrir dans l'AAC, des layons principaux et des layons secondaires perpendiculaires aux premiers délimitant ainsi des parcelles d'inventaire de 1 000 mètres de long et 500 mètres de large soit 50 ha chacune. Etant donné que la zone étudiée était accidentée, il a été nécessaire de faire une correction des pentes à l'aide d'un clinomètre de marque Sunnto PM 560 d. Le quadrillage de la zone d'inventaire en layons a permis de délimiter 102 parcelles d'inventaire d'exploitation de 50 ha chacune et deux parcelles de moins de 50 ha chacune. Tous les arbres de DBH ≥ 60 cm se trouvant dans ces parcelles d'inventaire ont fait l'objet d'un comptage systématique et leur diamètre a été mesuré en utilisant le ruban DBH de marque Bandma.

Analyse Des Donnees

Les données collectées sur le terrain à travers la fiche de comptage ont été saisies dans le tableur Excel 2013 pour constituer une base de données. Celle-ci a permis par la suite de déterminer différents paramètres tels que la richesse spécifique, les spectres biologiques, le volume des essences, la biomasse aérienne des arbres, le stock de carbone aérien et les pertes associées.

Richesse spécifique

La richesse spécifique des différentes familles d'arbres présentes dans l'AAC-2020 Malemba et les spectres biologiques ont été calculés par les formules suivantes :

La richesse spécifique est le nombre d'arbres comptés par espèce.

$$\text{Spectre brut} = \frac{\text{Nombre d'espèces par famille}}{\text{nombre total de famille}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Spectre pondéré} = \frac{\text{Nombre d'arbres par famille}}{\text{Nombre total d'arbres}} \times 100 \quad (2)$$

Calcul du volume des essences

Le volume de toutes les essences a été calculé à partir des équations de tarifs de cubage élaborées par le PAGEF (2015) (Tableau 1).

Tableau 1 : Tarifs de cubage des essences

Noms pilotes	Noms scientifiques	Familles	Tarif de cubage
Acajou	<i>Khaya anthotheca</i> (Welw.) DC.	Meliaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Accuminata	<i>Entandrophragma congoense</i> (Pierre ex De Wild.) A. Chev.	Meliaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Aiélé	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	Burseraceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Alep	<i>Desbordesia glaucescens</i> (Engl.) Tiegh.	Irvingiaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Aniégré	<i>Aningeria altissima</i> (A/ Chev.) Aubrév & Pellegr.	Sapotaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Andok	<i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-LeComte ex O'Rorke) Baill.	Irvingiaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Andung	<i>Monopetalanthus heitzii</i> Pellegr.	Fabaceae Caesalpinioideae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Avodiré	<i>Turreanthus africana</i>	Meliaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Bahia	<i>Hallea ciliata</i> (Aubrév. & Pellegr.) Le Roy	Rubiaceae	$V = -0,2909 + 1,0933D + 7,7201D^2$
Bilinga	<i>Nauclea diderichii</i> (De Wild. & T. Durand) Merr.	Rubiaceae	$V = -0,0436 - 0,7548D + 9,7930D^2$

Bossé	<i>Guarea cedrata</i> (A. Chev.) Pellegr.	Meliaceae	$V = -0,3169 + 1,0905D + 7,4915D^2$
Dabéma	<i>Piptadeniastrum africanus</i> (f. Hoof) Brenam	Fabaceae Mimosoideae	$V = -1,7500 + 7,1400D + 2,0449D^2$
Diania	<i>Celtis tessmannii</i> Rendle	Cabanaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Dibétou	<i>Lovoa trichilioides</i> Harms	Meliaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Ebiara	<i>Berlinia bracteosa</i> Benth.	Fabaceae Caesalpinioideae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Essia	<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P. Beauv.) Liben	Lecythidaceae	$V = 0,4524 - 2,9382D + 13,0754D^2$
Eveuss	<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre ex Engl.	Irvingiaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Iroko	<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) CC Berg.	Moraceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Izombé	<i>Testulea gabonensis</i> Pellegr	Ixonanthaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Kossipo	<i>Entandrophragma candollei</i> DC.	Meliaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Kotibé	<i>Nesogordonia kabingaensis</i> (K. Schum.) Capuron ex R. Germ.	Malvaceae Sterculioideae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Lati	<i>Amphimas ferrugineus</i> Pierre ex Pellegr.	Fabaceae Caesalpinioideae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Limba	<i>Terminalia superba</i> Engl.	Combretaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Limbali	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Leonad	Fabaceae Caesalpinioideae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Longhi rouge	<i>Chrysophyllum africanum</i>	Sapotaceae	$V = -1,3027 + 5,0154D + 3,7702D^2$
Longhi blanc	<i>Chrysophyllum lacourtianum</i> De Wild.		
Moabi	<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre	Sapotaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Mukulungu	<i>Austranella congolensis</i> (De Wild.) A. Chev.	Sapotaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Mutenye	<i>Guibourtia arnoldiana</i> (De Wild. & T. Durand) J. Leonard	Fabaceae Caesalpinioideae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Niové	<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb.	Myristicaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Oboto	<i>Mammea africana</i> Sabine	Clusiaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Okan	<i>Cylicodiscus gabunensis</i> Harms	Fabaceae Mimosoideae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$

Onzambili	<i>Antrocaryon klaineana</i> Pierre	Anacardiaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Olon 1	<i>Zanthoxylum heitzii</i> (Aubrév. & Pellegr.) P.G. Waterman	Rutaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Olène	<i>Irvingia grandifolia</i> (Engl.) Engl.	Irvingiaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Padouk	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae faboideae	$V = 1,4914 - 7,7844D + 15,0028D^2$
Pao-Rose	<i>Swartzia fistuloides</i> Harms	Fabaceae Caesalpinioideae	$V = -0,1655 + 0,2997 D + 7,4699D^2$
Safoukala	<i>Dacryodes pubescens</i> (Vermoesen) H.J. Lam.	Burseraceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Tali	<i>Erythrophloeum</i> <i>suaveolens</i> (Guill. & Pierre) Brenan	Fabaceae Caesalpinioideae	$V = 2,7150 - 10,9578 + 19,0462D^2$
Téné	<i>Copaifera religiosa</i> J. Léonard	Fabaceae Caesalpinioideae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Tchitola	<i>Prioria oxyphylla</i> (Harms) Breteler	Fabaceae Caesalpinioideae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$
Vindu	<i>Vitex ferruginea</i> Schummach & Thonn.	Verbenaceae	$V = -0,1586 + 0,2631D + 9,5162D^2$

Estimation de la biomasse aérienne et du stock de carbone aérien

Pour estimer les facteurs d'émission du carbone dans les forêts du bassin du Congo, les modèles régionaux, à l'exception du type forestier sempervirent littoral, sont recommandés pour les cinq autres types de forêts (Fayolle et al., 2018) :

$$AGB = \exp[0,046 + 1,156 \cdot \ln(WSG) + 1,123 \cdot \ln(D) + 0,436 \cdot (\ln(D))^2 - 0,045 \cdot (\ln(D))^2] \quad (4)$$

Pour deux prédicteurs (diamètre des arbres et densité spécifique du bois).

Avec AGB : biomasse aérienne ;

WSG : densité

D : diamètre.

Estimation des pertes de la matière sèche et des émissions du CO₂ dues à la future exploitation forestière

La matière sèche est calculée par la formule :

$$\text{Matière sèche (en tonne)} = DA \times FE \quad (6)$$

DA étant la superficie (en ha) de la forêt ouverte par l'exploitation forestière, et FE le facteur d'émission qui est égal à 213t/ha valeur par défaut définie par le GIEC pour les forêts tropicales.

$$\text{Quantité de Carbone (en tC)} = \text{masse sèche} \times 0,5 \quad (7)$$

$$\text{Quantité de CO}_2 \text{ séquestré ou émis} = \text{quantité de carbone} \times 3,67 \quad (8)$$

Donnée de l'activité due à l'ouverture des routes

La donnée d'activité correspond à la superficie ouverte due à la construction des routes forestières dans l'AAC-2020 Malemba suivant la formule :

$$DA_1 = L \times l \quad (9)$$

DA₁ : étant la superficie en m², L : la longueur des routes principales et secondaires en mètre et l : la largeur en mètre. La largeur conventionnelle des routes principales étant fixée à 33 m et celle des routes secondaires à 18 m.

Donnée de l'activité due à l'ouverture des parcs forêt

D'après les travaux de Koubouana (2010) effectués dans l'UFA Ipendja, il faut au minimum 0,007 ha pour entreposer une grume en forêt. De ce fait, la donnée d'activité due à l'ouverture des parcs forêt sera calculée par la formule :

$$DA_2 = \text{effectif d'arbres} \times 0,007 \quad (10)$$

DA₂ étant la superficie en hectare ouverte pour chaque parc.

Donnée de l'activité due à l'abattage des arbres

Les trouées dues à la chute des arbres pendant l'abattage varient selon l'espèce d'arbres abattus. Cependant, Laporte (2004) estime que la superficie des trouées varie entre 200 et 600 m², soit une moyenne de 400 m² (0,04 ha). Connaissant le potentiel du nombre d'arbres à abattre dans l'AAC-2020 Malemba, il est possible de calculer la superficie ouverte par leur abattage à partir de la formule ci-dessous :

$$DA_3 = \text{Effectif d'arbres} \times 0,04 \quad (11)$$

Resultats

Effectifs D'arbres Et Richesse Floristique

Au total 2496 arbres de DBH ≥ 60 cm ont été recensés dans l'AAC-2020 Malemba. Ces végétaux sont répartis en 47 espèces et 19 familles (Tableau 2) Les familles les mieux représentées étaient les Fabaceae-Caesalpinioideae (25,5%), les Meliaceae (14,9%), les Sapotaceae (12,8%), les Irvingiaceae (6,4%), les Fabaceae-Mimosoideae (6,4%), les Burseraceae (4,3%) et les Rubiaceae (4,3%). Les autres ont été faiblement représentés.

Tableau 2 : Richesse floristique, spectres brut et pondéré

Familles	Nombre d'espèce	Spectre brut	Nombre d'arbres	Spectre pondéré
Anacardiaceae	1	2,1	11	0,4
Burseraceae	2	4,3	101	4
Combretaceae	1	2,1	2	0,1
Clusiaceae	1	2,1	71	2,8
Fabaceae Caesalpinioideae	12	25,5	972	38,9
FabaceaeFaboideae	1	2,1	208	8,3
FabaceaeMimosoideae	3	6,4	95	3,8

Irvingiaceae	3	6,4	227	9,1
Lecythidaceae	1	2,1	27	1,5
Malvaceae	1	2,1	2	0,1
Meliaceae	7	14,9	98	3,9
Moraceae	1	2,1	1	0
Myristicaceae	1	2,1	155	6,2
Ochnaceae	1	2,1	11	0,4
Rubiaceae	2	4,3	204	0,2
Rutaceae	1	2,1	3	0,1
Sapotaceae	6	12,8	287	11,5
Ulmaceae	1	2,1	10	0,4
Verbenaceae	1	2,1	1	0
TOTAL	47	100	2496	100

Effectifs par classes de diamètre

La figure 3 montre la répartition des essences forestières recensées en classe de diamètre.

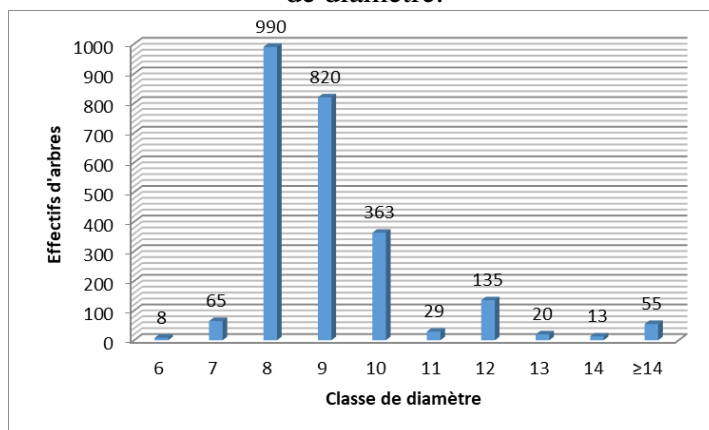


Figure 3 : Répartition en classe de diamètre des essences d'arbres recensées dans l'AAC-2020 Malemba

L'analyse de la classe de diamètre montre une abondance d'arbres dans la classe 7 avec 65 essences, la classe 8 avec 990 arbres, suivis de la classe 9 avec 820 arbres, la classe 10 avec 363 arbres et la classe 12 avec 135 arbres. Les autres sont moins représentées.

Volume des essences d'arbres inventoriées

Le tableau 3 montre les résultats de calcul du volume à partir des équations du tarif de cubage des différentes essences. Le volume total de l'AAC-2020 est de 8 856 m³.

Tableau 3 : Volume des essences calculé à partir des équations du tarif de cubage

Essences	Classes de diamètre										Volume Total
	60	70	80	90	100	110	120	130	140	≥ 140	
Acajou ou Kaya	0	0	8,066	0	0	0	0	0	0	0	8,066
Accuminata	4,033	0	133,089	88,726	36,297	4,033	8,066	0	0	4,033	278,277
Aiélé	0	0	24,198	8,066	4,033	0	8,066	0	8,066	0	52,429
Alep	0	0	60,495	44,363	0	0	0	0	0	0	104,858
Aniégré	0	0	4,033	0	0	0	0	0	0	0	4,033
Andok	0	0	4,033	0	0	0	0	0	0	0	4,033
Andung	0	0	12,099	8,066	4,033	0	0	0	0	0	24,198
Avodiré	0	0	4,033	0	0	0	0	0	0	0	4,033
Bahia	3,681	3,681	36,81	14,724	0	0	0	0	0	3,681	62,577
Bilinga	0	10,809	381,918	212,577	21,618	3,603	32,427	3,603	3,603	3,603	673,761
Bossé	0	0	96,039	17,785	10,671	3,557	3,557	0	0	0	131,609
Dabéma	0	0	78,855	71,345	22,53	0	7,51	0	0	0	180,24
Diania	0	4,033	68,561	60,495	16,132	4,033	4,033	0	0	4,033	161,32
Dibétou	0	4,033	16,132	12,099	4,033	0	4,033	0	0	0	40,33
Ebiara	0	0	0	4,033	0	0	0	0	0	0	4,033
Essia	0	0	109,809	20,335	12,201	4,067	4,067	0	0	0	150,479
Eveuss	0	4,033	125,023	157,287	181,485	16,132	52,429	4,033	8,066	16,132	564,62
Faro	0	16,132	661,412	810,633	326,673	28,231	137,122	20,165	24,198	24,198	2048,764
Iroko	0	0	0	4,033	0	0	0	0	0	0	4,033
Izombé	0	0	12,099	16,132	0	0	16,132	0	0	0	44,363
Kossipo	0	0	0	12,099	0	0	4,033	0	0	4,033	20,165
Kotibé	0	0	4,033	4,033	0	0	0	0	0	0	8,066
Lati	0	4,033	40,33	28,231	32,264	4,033	0	0	0	0	108,891

Limba	0	0	0	4,033	0	0	4,033	0	0	0	8,066
Limballi	0	0	12,099	4,033	0	0	0	0	0	0	16,132
Longhi rouge	0	3,55	74,55	46,15	39,05	0	10,65	0	0	3,55	177,5
Moabi	0	0	0	14,31715	0	0	14,31715	0	0	0	28,6343
Mukulungu	0	0	52,429	40,33	12,099	0	0	0	0	4,033	108,891
Mutenye	0	0	24,198	56,462	28,231	0	8,066	0	4,033	0	120,99
Niové	0	120,99	415,399	76,627	4,033	4,033	0	4,033	0	0	625,115
Oboto	0	4,033	125,023	112,924	28,231	0	16,132	0	0	0	286,343
Okan	0	0	12,099	4,033	0	0	0	0	0	0	16,132
Onzambili	0	0	12,099	20,165	8,066	0	4,033	0	0	0	44,363
Olon	0	0	0	8,066	4,033	0	0	0	0	0	12,099
Olène	0	0	80,66	88,726	56,462	0	12,099	0	4,033	0	241,98
Padouk	8,31	8,31	149,58	213,29	94,18	11,08	66,48	5,54	0	19,39	576,16
Pao-Rose	3,185	4,185	5,185	6,185	7,185	8,185	9,185	10,185	11,185	12,185	76,85
Safoukala	0	8,066	161,32	108,891	52,429	0	12,099	0	0	12,099	354,904
Tali	0	3,639	189,228	116,448	54,585	0	21,834	0	0	0	385,734
Tené	0	0	4,033	4,033	4,033	4,033	8,066	0	0	0	24,198
Tchitola	0	4,033	475,894	435,564	104,858	16,132	20,165	4,033	0	4,033	1064,712
Vindu	0	0	0	4,033	0	0	0	0	0	0	4,033
Total	19,209	203,56	3674,863	2959,372	1169,445	111,152	488,6342	51,592	63,184	115,003	8856,0143

Quantité de la biomasse aérienne dans les parcelles inventoriées dans l'AAC

Les résultats du calcul de la biomasse aérienne sont consignés dans le tableau 4. La biomasse aérienne totale de l'AAC-2020 Malemba est de 43 327,29 tonnes inventoriés dans 5 000 ha, soit 8,66 tonnes de matière sèche à l'hectare.

Tableau 4 : Estimation de la biomasse aérienne des essences recensées

NOM PILOTE	NOM SCIENTIFIQUE	FAMILLE	DENSITE	BIOMASSE AERIENNE (en tonnes)
ACCUMINATA	<i>Entandrophragma congoense</i> (Pierre ex De Wild.) A. Chev.	Meliaceae	0,51	517,57
AIELE	<i>Canarium scheweinfurthii</i> Engl.	Burseraceae	0,49	126,88
ALEP	<i>Desbordesia glaucescens</i> Van Tiegh.	Irvingiaceae	0,6	233,38

ALONE	<i>Rhodognaphalom brevicuspe</i> (Sprague) Roberty	Malvaceae-Bombacoideae	0,35	5,51
ANDUNG	<i>Aphanocalyx heitzii</i> (Pellegr.) Wieringa	Fabaceae Caesalpinioideae	0,6	57,02
ANIEGRE	<i>Aningeria altissima</i> Aubr. & Pellegr.	Sapotaceae	0,57	14,70
BAHIA	<i>Hallea ciliata</i> Aubr. & Pellegr.	Rubiaceae	0,35	92,91
BILINGA	<i>Sarcocephalus diderrichii</i> Dew.	Rubiaceae	0,63	1990,25
BOSSE CLAIR	<i>Guarea cedrata</i> Pellegr.	Meliaceae	0,63	88,13
DABEMA	<i>Piptadeniastrum africanum</i> Brenan	Fabaceae Mimosoideae	0,69	542,71
DIANIA	<i>Celtis tessmannii</i> Rendle	Ulmaceae	0,72	446,61
DIBETOU	<i>Lovoa trichilioides</i> Harms	Meliaceae	0,53	76,00
DOUKA	<i>Tieghemella africana</i> pierre	Sapotaceae	0,69	1779,78
EBIARA	<i>Berlinia bracteosa</i> Benth.	Fabaceae Caesalpinioideae	0,7	12,27
ESSIA	<i>Petersianthus macrocarpus</i> Liben	Lecythidaceae	0,35	176,29
EVEUSS	<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre	Irvingiaceae	1,06	3408,17
EYOUM	<i>Dialum pachphyllum</i> Harms	Fabaceae-Caesalpinioideae	0,94	65,55
FARO	<i>Daniella soyauxii</i> Rolfe	Fabaceae-Caesalpinioideae	0,55	5129,96
IROKO	<i>Milicia excelsa</i> (XeLx.) C;C; Berg.	Moraceae	0,64	11,06
IZOMBE	<i>Testulea gabonensis</i> Pellegr.	Ochnaceae	0,72	118,57
KHAYA	<i>Khaya anthotheca</i> C. DC.	Meliaceae	0,57	7,35
KOSIPO	<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	Meliaceae	0,69	102,13
KOTIBE	<i>Nesogordonia kabigaensis</i> (K. Schum.) Capuron ex R. Germ.	Malvaceae Sterculioideae	76	13,50
LATI	<i>Amphimas ferrugineus</i> Pierre	Fabaceae-Caesalpinioideae	0,82	3280,58
LIMBA	<i>Terminalia superba</i> L.	Combretaceae	0,45	32,66
LIMBALI	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> L.	Fabaceae-Caesalpinioideae	0,88	28,14
LONGUI BLANC	<i>Chrysophyllum lacourtianum</i> DeWild.	Sapotaceae	0,75	10,10
LONGUI ROUGE	<i>Chrysophyllum africanum</i> A. DC.	Sapotaceae	0,75	704,48
MOABI	<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre	Sapotaceae	0,9	2635,94
MUKULUNGU	<i>Autranella congolensis</i> (De Wild.) A. Chev.	Sapotaceae	0,94	470,35
MUTENYE	<i>Guibourtia arnoldiana</i> De Wild.	Fabaceae(aesalpinioideae)	0,64	3280,58
NIOVE	<i>Staudtia stipitata</i> Warb.	Myristicaceae	0,88	1848,97
OBOTO	<i>Mammea africana</i> Sabine	Clusiaceae	0,8	937,75

OKAN	<i>Cylicodiscus gabunensis</i> Harms	Fabaceae Mimosoideae	0,91	54,50
OLENE	<i>Irvingia grandifolia</i> Engl.	iIrvingiaceae	0,6	598,22
OLON	<i>Zanthoxylum heitzii</i> (Aubrév. & Pellegr.) P.G.Waterman.	Rutacea	0,6	40,39
ONZAMBILI	<i>Antrocaryon klaineana</i> Pierre	Anacardiaceae	0,6	2466,54
PADOUK	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae Faboideae	0,79	3313,59
PAO ROSE	<i>Swartzia fistuloides</i> Harms	Fabaceae Caesalpinioideae	1,02	3291,30
SAFOUKALA	<i>Dacryodes pubescens</i> (Vermoesen) H. Lam.	Burseraceae	0,6	986,25
SIFU-SIFU	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Fabaceae Mimosoideae	0,6	36,43
TALI	<i>Erythrophyllum ivorense</i> A. Chev.	Fabaceae Caesalpinioideae	0,91	1581,38
TCHITOLA	<i>Prioria oxyphylla</i> (Harms) Breteler	Fabaceae Caesalpinioideae	0,6	2627,23
TENE	<i>Copaifera religiosa</i> J. Leon	Fabaceae Caesalpinioideae	0,5	73,98
VINDU	<i>Vitex ferrugineus</i> Schumach. & Thom.	Verbenaceae	0,6	11,63
TOTAL				43327,29

A partir de ce résultat, il en découle que le stock de carbone séquestré par les diverses essences est de : 21 663,64 tC et la quantité de CO₂ séquestré ou émis s'élève à 21 663,64 tC x 3,67 soit 75 172,83 tCO₂

Les émissions planifiées de CO₂ de la coupe de ces essences sont de 75 172,83 tCO₂.

La quantité de la biomasse aérienne totale est répartie dans les différentes familles botaniques comme l'indique la figure ci-dessous :

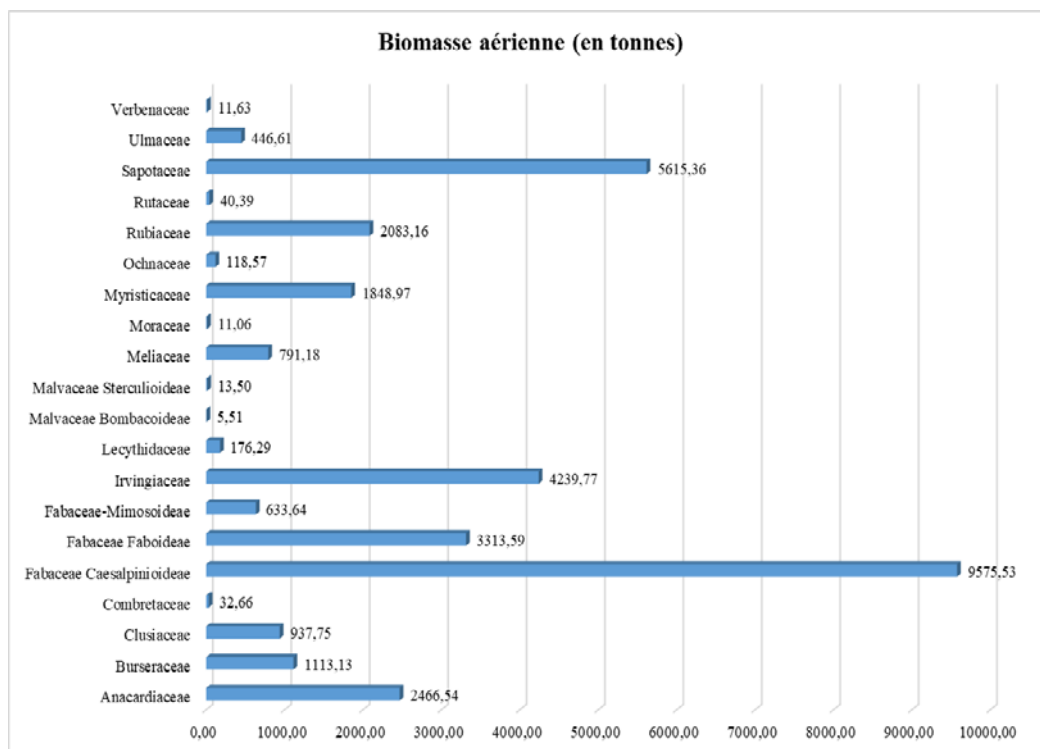


Figure 4 : Variation de la biomasse aérienne par famille botanique dans l'AAC-2020 Malemba

L'analyse de la figure 4 montre la dominance de la famille des Fabaceae-Caesalpinoideae avec 9 575,53t, suivie des Sapotaceae avec 5 615,36t, des Irvingiaceae avec 4 239,77t, des Fabaceae-Faboideae avec 3 313,59 et des Rubiaceae avec 2 083,16t. En revanche, toutes les autres familles sont les moins représentées.

Prévision des émissions du CO₂ dues à l'exploitation forestière

Émissions dues à la construction des routes et à l'installation des parcs forêt

A l'aide de la carte de prévision de la construction des routes et de l'installation des parcs dans l'AAC-2020 Malemba, il a été calculé la donnée de l'activité relative à ces activités (Tableau 5).

Tableau 5 : Superficie de forêt ouverte par la construction des routes

Numéro	Types de routes	Longueur (m)	Largeur (m)	Superficie (m ²)	Superficie (ha)
1	Routes principales	18852	33	622116	62,2116
2	Routes secondaires	26482	18	476676	47,6676
Total				1098792	109,8792

La superficie ouverte pour la construction des routes est de 109,8792 ha. La quantité de matière sèche équivalente est de : $109,8792 \text{ ha} \times 273 \text{ t/ha} = 29\,997,02$ tonnes et la quantité de Carbone correspondant est de : $29\,997,02$ tonnes $\times 0,5 = 14\,998,51$ tC.

La quantité des émissions du CO₂ correspondante sera de $14\,998 \text{ tC} \times 3,67 = 55\,044,53$ tCO₂

En ce qui concerne les parcs forêt, il a été prévu l'installation de 14 parcs forêts dans l'AAC-2020 Malemba. De plus, il faut 0,07 ha pour mettre en parc une grume. Le tableau 6 met en exegue la superficie de chaque parc forêt à ouvrir.

Tableau 6 : Superficie des différents parcs à ouvrir

Parcs	Nombre de grumes	Superficie unitaire du parc utile pour le parking d'une grume (ha)	Superficie totale des parcs (ha)
Parcs 1	268	0,007	1,876
Parcs 2	147	0,007	1,029
Parcs 3	287	0,007	2,009
Parcs 4	59	0,007	0,413
Parcs 5	196	0,007	1,372
Parcs 6	121	0,007	0,847
Parcs 7	108	0,007	0,756
Parcs 8	220	0,007	1,54
Parcs 9	239	0,007	1,673
Parcs 10	257	0,007	1,799
Parcs 11	282	0,007	1,974
Parcs 12	130	0,007	0,91
Parcs 13	90	0,007	0,63
Parcs 14	92	0,007	0,644
Total	2496		17,472

La prévision de l'ouverture des superficies des parcs forêt est de 17,472 ha. Le calcul des émissions de CO₂ correspondantes est présenté dans le tableau 7.

Tableau 7: Emissions prévisionnelles de CO₂ dues à l'installation des parcs forêt

Parcs	Superficie totale des parcs (ha)	Qté de matière sèche (t)	Qté de carbone (tC)	Emission de CO ₂ (tCO ₂)
Parcs 1	1,876	512,148	256,074	939,792
Parcs 2	1,029	280,917	140,459	515,483
Parcs 3	2,009	548,457	274,229	1006,419
Parcs 4	0,413	112,749	56,375	206,894

Parcs 5	1,372	374,556	187,278	687,310
Parcs 6	0,847	231,231	115,616	424,309
Parcs 7	0,756	206,388	103,194	378,722
Parcs 8	1,540	420,420	210,210	771,471
Parcs 9	1,673	456,729	228,365	838,098
Parcs 10	1,799	491,127	245,564	901,218
Parcs 11	1,974	538,902	269,451	988,885
Parcs 12	0,910	248,430	124,215	455,869
Parcs 13	0,630	171,990	85,995	315,602
Parcs 14	0,644	175,812	87,906	322,615
Total	17,472	4769,856	2384,928	8752,686

Les émissions totales du CO₂ qui seront générées par l'ouverture des parcs forêt sont de 8 752,686 tCO₂.

Synthèse des émissions prévisionnelles du CO₂ générées par l'exploitation forestière dans l'AAC Malemba

Les sources d'émissions de CO₂ pendant une exploitation forestière sont probablement diverses. Dans cette étude, nous avons identifié quatre sources d'émissions prévisionnelles du CO₂ pendant l'exploitation forestière de l'assiette annuelle de coupes de Malemba. Le tableau 8 montre les différentes sources et les émissions correspondantes.

Tableau 8 : sources d'émissions de CO₂

Sources des émissions de CO₂	Émissions (tCO₂)	Pourcentage d'émission (%)
Biomasse aérienne	43 327,29	28
Abattage	50 015,34	32
Routes	55 044,43	35
Parcs	8 752,68	5
Total	157 139,74	100

La prévision totale des émissions de CO₂ suivant les quatre sources d'émissions identifiées est de 157 139,74 tCO₂. Dans les conditions d'exploitation de l'AAC Malemba, la source la plus émettrice de CO₂ est la construction des routes (35% ; n = 55 044,43 tCO₂), suivie de l'abattage des arbres (32% ; n = 50 015,34 tCO₂) et de la biomasse des arbres (28% ; n = 43 327,29 tCO₂) (Tableau 8).

Discussion

L'objectif général de cette étude était de connaître la composition floristique de la ressource ligneuse exploitable et la planification des émissions du CO₂ dans l'AAC 2020 Malemba.

Composition floristique

Le recensement des arbres dans l'AAC-2020 Malemba a permis de dénombrer 2496 arbres de DBH \geq 60 cm, répartis en 45 espèces et 20 familles botaniques. Au total 102 parcelles de 50 ha chacune et deux parcelles de moins de 50 ha ont été délimitées à travers les travaux de layonnage. Sur le plan qualitatif, ce sont les familles des Fabaceae-Caesalpinioideae (39,6%), des Meliaceae (13,3%) et des Sapotaceae (13,3%) qui sont les plus nombreuses. Par contre, en termes de nombre d'arbres, ce sont les Fabaceae-Faboideae (24,4%), les Sapotaceae (11,8%), les Irvingiaceae (8,9%) et les Rubiaceae (8,4%) qui dominent dans toute l'AAC-2020 Malemba.

En ce qui concerne les essences à exploiter, la famille des Fabaceae-Caesalpinioideae est représentée par le Faro (502 pieds), le Tchitola (286 pieds), le Tali (98 pieds), le Mutényé (31 pieds), le Lati (26 pieds) et le Pao rose (24 pieds). En dehors du Faro qui n'est presque pas commercialisé au Congo, toutes les autres essences peuvent faire partie du volume maximal annuel (VMA) de l'AAC Malemba. Ce stock d'essences du VMA est complété par le Padouk (199 pieds), l'Accuminata (69 pieds), le Kossipo (5 pieds), l'Aiélé (13 pieds), le Safukala (88 pieds), l'Eveuss (140 pieds), le Bilinga (192 pieds), le Bahia (17 pieds) et le Niové (152 pieds). Le volume total de l'AAC Malemba calculé par la méthode des tarifs de cubage est de 8 856 m³. L'autorité forestière congolaise propose deux méthodes de calcul du volume sur pied de l'arbre. Il s'agit de la méthode du volume moyen attribué pour chaque arbre ayant atteint un diamètre d'exploitabilité et la méthode des équations des tarifs de cubage. Il a été démontré que la première sous-estime le volume réel et le second est plus proche de la réalité (PAGEF, 2015).

Émissions planifiées du CO₂

Les inventaires d'exploitation permettent de connaître les essences et le volume des ressources ligneuses à mobiliser pour la coupe (Ngoya-Kessy, 2019) ; C'est une planification des essences à exploiter au cours de l'année. Dans le cadre de la REDD+, il s'agit de planifier les émissions de CO₂ dues à la coupe des arbres (CNREDD, 2016).

En effet, les inventaires d'exploitation au Congo exigent qu'après le passage de l'équipe d'inventaire qui recense tous les pieds d'arbres exploitables avec leur qualité, une seconde équipe revient sur les traces de la première pour confirmer les essences qui seront réellement exploitées. Le présent travail a

pris en compte le potentiel des arbres exploitables recensés, c'est-à-dire l'ensemble des essences inventoriées pour le calcul des émissions de CO₂. En revanche, la planification des émissions de CO₂ a nécessité la prise en compte de la biomasse aérienne de l'ensemble de la ressource ligneuse inventoriée, l'abattage des essences recensées, puis, la planification de l'ouverture des routes et l'installation des parcs forêt. Le total des émissions du CO₂ de ces différentes sources d'émissions est estimé à **157 139,74tCO₂** pour 5 000 ha soit 31,41 tCO₂/ha. Cette valeur d'émission (31,41 tCO₂/ha) est relativement faible et cela pourrait s'expliquer par le fait que la forêt du Mayombe en général et l'UFE Boubissi en particulier a subi plusieurs cycles d'exploitation (Koubouana et al. 2019). D'ailleurs, Durrieu de Madron et al. (2011) ont montré que les forêts tropicales d'Afrique centrale, aussi bien les forêts matures que les forêts secondaires non exploitées, séquestrent en moyenne 118 tCO₂/ha de biomasse épigée. Le stock calculé par Brown et al. (2005) dans la forêt dense du Congo est de 276,7 tC/ha Lewis et al. (2009), sur 163 ha (79 parcelles) répartis dans dix pays du bassin du Congo, fournissent un stock de 202 tC/ha épigées, pour les arbres de plus de 10 cm de diamètre. Djuikouo et al. (2010), sur 14 ha (14 parcelles) dans trois types de forêts différents (de la forêt sur terre ferme à la forêt inondable), donnent des valeurs ramenées en tC/ha épigées de 283 à 182 pour les arbres de plus de 10 cm de diamètre.

En outre, cette étude a aussi permis de montrer que la construction des routes pendant l'exploitation forestière est la principale source d'émission de CO₂. En effet, les routes principales et secondaires représenteraient globalement 1 à 2 % de surface perturbée (Durrieu de Madron et al., 1998). Généralement l'exploitation conventionnelle construit son infrastructure routière sans tenir compte de la richesse des peuplements végétaux et avec une cartographie peu précise (Durrieu de Madron et al., 1998). Certaines routes ne seront pas utilisées car non praticables par les grumiers (pentes trop fortes), tandis que d'autres nécessiteront un réseau important de bretelles et de débardages pour atteindre les essences à exploiter. Dans ces conditions, la perte de carbone est très importante par rapport à d'autres composantes telles que le débardage ou l'abattage. La méthode EFIR permettrait d'éviter environ 30 % des dommages liés à l'ouverture des routes et des parcs à grumes (Jonkers & Van Leersum, 2000 ; Capel, 2017).

En ce qui concerne l'abattage, la quantité de carbone en jeu lors de l'abattage a été estimée par Brown et al. (2005) en République du Congo dans une concession sous plan d'aménagement pratiquant des techniques EFIR, avec un diamètre moyen des arbres abattus de 123 cm. Ces auteurs estiment que la quantité de carbone extraite est de 6,82 tonnes de carbone (tC) par arbre abattu. En considérant que tous les arbres recensés dans l'AAC Malemba seront tous exploités, la quantité de carbone extraite par arbre abattu sera de

157 139,74 tCO₂/2496 arbres = 62,95 tC/arbre. Ce résultat est élevé par rapport à celui de Brown et al. (2005) qui ont trouvé une valeur de 25,03tC/ha. Cette différence serait probablement liée au fait que notre étude prend en compte tous les arbres de DBH \geq 60 cm tandis que les travaux de Brown et al. (2005) ont considéré plutôt les arbres de DBH \geq 120 cm. Dans notre étude, nous avons pris en compte le diamètre moyen d'exploitabilité de la plupart des espèces rencontrées, selon la loi forestière congolaise, qui est de DBH \geq 60 cm.

Conclusion

Cette étude a permis de connaître la richesse de la flore ligneuse exploitable et les émissions planifiées du CO₂ dans l'AAC 2020 Malemba. Il ressort des résultats obtenus que l'ACC 2020 possède un potentiel en termes de volume important qui peut être mobilisable pour les besoins de transformation et d'exportation. De plus, il existe dans cette AAC des essences très intéressantes qui pourraient constituer le VMA à exploiter telles que Moabi, Douka, Mutenyé, Mukulungu, Tali, Padouk, Tchitola, Pao Rose. D'autres espèces aussi abondantes telles que le Faro sont à promouvoir pour une gestion durable des ressources forestières.

Les résultats de notre étude montrent que sur 5000 ha, 2496 pieds appartenant à 43 familles pour un volume prévisionnel total de 8 856 m³ par application de la méthode des équations des tarifs de cubage. La planification des émissions du CO₂ consécutive à l'exploitation forestière industrielle de l'assiette annuelle de coupe Malemba est de 157 139,74 tCO₂. Les différentes sources d'émissions du CO₂ considérées sont la construction des routes (32%), la biomasse des arbres recensés (avec 28%), l'abattage des arbres (35%) et l'installation des parcs forêt (5%).

L'exploitation forestière industrielle génère plusieurs sources d'émission du CO₂. En plus des quatre sources traitées dans ce travail, Il sera important de planifier les émissions qui seraient dues au débusquage et au débardage des grumes. Cet ensemble connaissances antérieures avant d'engager l'exploitation pourrait contribuer à la réduction des impacts négatifs de l'exploitation forestière par la préparation des procédures d'exploitation à faible impact.

Conflit d'intérêts

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas d'intérêts concurrents

Contributions des auteurs

Les auteurs Félix KOUBOUANA, Irène Marie Cécile MBOUKOU KIMBATSA née GOMA, Saint Fédriche NDZAI et Bénicia Mariotte BISSANGA ont participé à la collecte des données et à l'interprétation des

résultats. Leckoundzou AYESSAet Donatien NZALA ont contribué à la compilation et à la relecture finale de cet article.

Remerciements

Nous remercions très sincèrement, les para-taxonomistes du village Malemba pour leur aide sur le terrain.

References:

1. Alamgi M. & Amin M., (2008). - Allometric models to estimate biomass organic carbon stock in forest vegetation. *Journal of Forestry Research* 19(2):101-106. DOI:10.1007/s11676-008-0017-4.
2. Brown S., Pearson T., Moore N., Parveen A., Ambagis S., Shoch D. (2005). Impact of selective logging on the carbon stocks of tropical forests: Republic of Congo as a case of study. Deliverable 6: logging impacts on carbon stocks. Little Rock, AR, États-Unis, Winrock International, 21 p.
3. Capela-C, (2017). Etude d'opportunité du mécanisme REDD+ pour le secteur forestier privé. FFEM, ATIBT, ONFi, 68p.
4. CNIAF (2018). Rapport d'inventaire forestier de pré-investissement de l'Unité Forestière d'Exploitation (UFE) Boubissi secteur forestier sud, zone 1 Kouilou, UFA I.
5. CNREDD, (2019). Stratégie nationale REDD+ de la République du Congo., Brazzaville, Congo, 118p.
6. Djuikouo M. N. K., Doucet J.-L., Nguembou C. K., LEWIS, S. L., Sonké B., (2010). Diversity and aboveground biomass in three tropical forest types in the Dja Biosphere Reserve, Cameroon. *African Journal of Ecology*, 48 (4): 1053-1063.
7. DURRIEU DE MADRON L., FORNI E., 1997. Aménagement forestier dans l'Est du Cameroun : structure du peuplement et périodicité d'exploitation. *Bois et Forêts des Tropiques*, 254 : 39-64.
8. Durrieu de Madron L., Beauwens S, Giraud A, Hubert D, Billard A. (2011). Estimation de l'impact de différents modes d'exploitation forestière sur les stocks de carbone en Afrique centrale. *Bois et Forêts des Tropiques* 308 (2) ; 75-86.
9. Durrieu de Madron L., Forni E., Mekok M., (1998). Les techniques d'exploitation à faible impact en forêt dense humide camerounaise. Montpellier, France, Cirad-Forêt, série Forafri, n° 17, 28p.
10. Ekoungoulou R, Nzala D, Liu X. & Niu S., (2018). Tree Biomass Estimation in Central African Forests Using Allometric Models *Open Journal of Ecology*, 2018, 8, 209-237 <http://www.scirp.org/journal/oje>
11. FAO. (2020). La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2020, Rome, Italie, ISBN: 978-92-5-133645-8. 234p.

12. Fayolle A., Ngoumanda A., Mbasi M., Barbier N., Boko Y., Boyamba, F., Couteron, P., Fonto N., Kamdem N., Katemba J., Kondaoulé H.J., Loumeto J., Maidou H.M., Mankou G., Mengui T., Mofack J., Moundounga C., Moundounga Q. & Madjibé V. (2018). A regional allometry for the Congo basin forests based on the largest ever destructive sampling. *Forest Ecology and Management*, Volume 430, 15 December 2018, Pages 228-240.
13. Jacques G. & Saugier B., (2008). – Les puits de carbone. Lavoisier-Tec & Doc. , 171p.
14. Jamet R & Rieffel (1976). - Carte pédologique du Congo à 1/200.000 : feuille Pointe-Noire, feuille Loubomo. Publications des scientifiques de l'IRD. Paris : ORSTOM, 1976, 169 p.
15. Jonkers W. (2000). Logging, damage and efficiency: a study on the feasibility of reduced impact logging in Cameroon. Final report. Kribi, Cameroun, The Tropenbos-Cameroon Programme, 57 p.
16. Lewis S., Lopez-Gonzalez G., Sonké B., Affum-Baffoe K., Baker T., Ojoj L., hillips O., REITSMA J., White L., Comiskey J., Djuikouo M. N., Ewango C., Feldpausch T., Hamilton A., Glood M., Hart T., Hladik A., Jon Lloyd J., Makana J. R., Malhi Y., Mbago F., Ndangalasi H., Peacock J., Peh K., Sheil., Sunderland T., Swaine M., Taplin J., Taylor D., Thomas S., Votere R., Wöll H., (2009). Increasing carbon storage in intact African tropical forests. *Nature*, 457: 1003-1006.
17. Koubouana, F., Ifo, S. A., Moutsambote, J. M., Banzouzi, R. R. F., Akobe, A., Openga Ikama, C., Mantota, A. B., Ndzai, S., & Mbemba, M. (2015). Structure and Flora Tree Biodiversity in Congo Basin: Case of a Secondary Tropical Forest in Southwest of Congo-Brazzaville. *Research in Plan Sciences*, 3, 49-60.
18. Koubouana F., (2010). – Rapport de l'étude écologique de l'UFA Ipendja, THANRY-CONGO, Département de la Likouala. Rapp. De l'étude ; Brazzaville, Congo, 165p.
19. Laporte N., Lin T. (2004.) Utilisation de la télédétection pour le développement des Plans d'aménagement et le suivi de l'exploitation forestière au Nord Congo. Woods Hole Research Center, WCS, CIB, 21 p.
20. Ngoya-Kessy A. M., (2019). Etat des lieux du secteur privé de la filière forêt-bois au Congo, ATIBT, UMNG, 67p.
21. Nzila, J. DD. (1996). Principales caractéristiques des sols des reboisements dans la région de Pointe-Noire. UR2PI. 15p.
22. Pan Y., Birdsey R.A., Fang J, Houghton R., Kauppi P.E., Werner A.K., Oliver L.P., (2011). A large and persistent carbon sink in the world. *Sciences* 333: 988-993.

23. Pignard G., Dupouey J.L., Arrouays D. & Loustau D. (2004) - Carbon stocks estimates for French forests. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2000 4 (4), 285–289.
24. Sist P., Dykstra D., Fimbel R., (1998). Reduced impact logging guidelines for Lowland and hill dipterocarp forest in Indonesia. CIFOR occasional paper n° 15. Directives pour l'application des techniques d'exploitation à faible impact (EFI). Au Gabon: objectifs, principaux et enjeux. Séminaire FORAFRI de Libreville. Session 4: exploitation, aménagement, gestion, 26 pp.
25. Ravindranath N.H., Srikantiah S.B. & Madhav Gadgil M. (1987). Carbon Flows in Indian Forest. *Climatic Change* 35(3):297-320. DOI:10.1023/A:1005303405404.
26. Van der Werf G.R., Morton D.C., DeFries R.S., Olivier J.G.J., Kasibhatla P.S., Jackson R.B., Collatz G.J et Randerson J.T., (2009). CO₂ emissions from forest loss. *Nature Geosci* 2, 211, 737-738.