

Caractérisation de la Biomasse sèche des mosaïques forêt-savane des plateaux Okouma et Bagombé au sud-est du Gabon

Alfred Ngomanda¹, Judicaël Lebamba^{2*}, Nestor Laurier Engone-Obiang¹, Nicaise Lepengue², Bertrand M'Batchi²

¹ Institut de recherche en Ecologie Tropicale (IRET), CENAREST BP: 13354, Libreville Gabon

² Université des Sciences et Techniques de Masuku, Département de Biologie, Laboratoire de Biodiversité, Ecologie et physiologie végétale BP 913, Franceville, Gabon.

*Auteur correspondant : mail : jlebamba@yahoo.fr +24106958229.

Original submitted in on 6th May 2013 Published online at www.m.elewa.org on 2nd September 2013.

<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v68i0.95067>

RESUME

Objectif : Quantifier la biomasse sèche en savanes et dans le sous-bois des bosquets forestiers des mosaïques forêt-savane du Sud-est du Gabon (Okouma et Bagombé).

Méthodologie et résultats : La méthode destructive a été utilisée pour l'acquisition des données. En effet, elle a consisté à sectionner les arbustes et les herbacés dans une parcelle de 25m². Les données ainsi obtenues ont permis d'estimer la biomasse sèche. Ainsi, l'analyse statistique a montré que la productivité moyenne de biomasse sèche est beaucoup plus importante en savane (35466760kg/ha) qu'en sous-bois (3442996kg/ha). Par ailleurs, la productivité moyenne de la biomasse sèche ne présente aucune différence entre les biotopes anthropisés, et afin une estimation des gains perçus par la vente des stocks de carbone dans le cadre du programme REDD a été simulée sur une aire de 3700ha

Conclusion and application : Ce travail a permis de quantifier les stocks de carbone en savane et dans le sous-bois des mosaïque-forêt-savane. Ces travaux sont également d'intérêt capital pour les gouvernants à la fois dans la mise en œuvre des politiques de réductions des émissions des gaz à effet des serres et d'un impact économique notamment dans le cadre du programme REDD.

Mots clés: Carbone, Biomasse sèche, Gabon, savanes, forêt, changement climatique

ABSTRACT

Objective: Quantify the dry biomass of savanna and forest undergrowth in the forest-savanna mosaic of southeastern Gabon (Okouma and Bagombé).

Methodology and results: Destructive method was used for data collection to measure weigh of the various shrubs using caliper in 25m plot ². The shrubs with diameters between 1 and 5 cm, were cut, weighed and measured. Aliquots taken from each sample were used to estimate the biomass in the laboratory. Thus, the statistical analysis performed on these data showed that the average productivity of dry biomass is much higher in the savanna (35466760kg/ha) than in wood lands (3442996kg/ha). Moreover, the statistical comparison "ANNOVA" between the dry biomass in different anthropic habitats shows that the average

productivity of dry biomass was not different from non disturbed habitat and to estimate the gains derived from the sale carbon stock in the REDD program was simulated on an area of 3700ha

Conclusion and application: This work has allowed us to quantify carbon stocks in savannah and undergrowth, forest. This work is importance for the decision makers both in the implementation of relevant policies to reduce greenhouse gases emissions and an economic impact, related to carbon market, and particularly in the REDD program in Gabon.

Keywords: Carbon, Dry biomass, Gabon, savannah, forests, climate change,

INTRODUCTION

Les dix dernières décennies figurent parmi les années les plus chaudes depuis 1850 IPCC, (2007). Ce réchauffement semble être lié en grande partie à la production des gaz à effet de serre par l'homme, dont le CO₂ atmosphérique, qui serait due substantiellement à la dégradation du massif forestier IPCC(2007). Or, les écosystèmes forestiers tropicaux jouent un rôle important dans le cycle global du carbone, notamment dans la séquestration du carbone, (Fearnside, 1996; Houghton *et al.* 2001). L'estimation de la biomasse devient un enjeu majeur pour l'humanité et surtout pour les gouvernants, qui pourront bénéficier des mécanismes REDD (Réduire les Emissions des gaz à effet de serre résultant de la Déforestation et la Dégradation), qui sont des mesures incitatives mise place lors de la conférence de Bali en 2007 pour encourager les pays en développement de réduire volontairement leur taux nationaux de déforestation et des émissions de gaz effet de serre. Ce pendant, toutes les études menées (Djomo *et al.*, 2010a; 2010b; Henry *et al.*, 2010a; 2010b) en Afrique centrale Ouest sont essentiellement focalisées sur les écosystèmes forestiers, elles avaient pour but de mieux comprendre leur rôle dans le cycle de carbone et leur potentielle valorisation dans le marché des stocks de carbone. Par ailleurs, dans

les mieux savanicole aucune étude similaire n'a jamais été menée en Afrique centrale Ouest. Excepté, les travaux de (Scurlock *et al.*, 1998; Schuman *et al.*, 2002; Gibbons *et al.*, 2010), sur quantification de la biomasse moyenne sèche dans les prairies et les steppes de l'Amérique latine. Les écosystèmes ouverts tels que les steppes, prairies et les savanes ont souvent été négligés dans l'évaluation globale du Cycle de Carbone à cause soit disant de leur faible capacité à séquestrer le Carbone. Ainsi, dans le cadre du plan de réhabilitation du plateau Bagombé (site exploité pour le manganèse), par la Compagnie Minière de l'Ogooué (COMILOG), l'un des aspects choisis pour cette étude a été d'évaluer la biomasse de la matière sèche enfin de suivre réellement le fonctionnement de ces écosystèmes. Donc, les objectifs de ce papier sont de:

- (i) Quantifier la biomasse de sous-bois des forêts et des savanes des plateaux Okouma et Bagombé.
- (ii) Comparer la productivité de la biomasse sèche moyenne des sous-bois de forêts des deux plateaux avec celle des savanes
- (iii) Estimer le gain financier procuré par la vente de stocke de carbone après la réhabilitation de Plateau Bagombé par la COMILOG.

MATERIELS ET METHODES

a) Site d'étude : Le site d'étude se situe dans la province du Haut-Ogooué au sud-est du Gabon. (Fig 1a). Cette étude s'est réalisée dans deux zones : La première zone, le plateau OKouma (S1°27, E13°13, 600 m) est situé entre la ville de Moanda et celle de Mounana. Ce plateau dont le sous-sol est riche en manganèses n'a pas encore été exploité. La seconde

zone, le plateau de Bangombé (S1°30, E13°45, 600 m) est une zone d'exploitation minière où est extrait le manganèse commercialisé par la Compagnie Minière de l'Ogooué (COMILOG). Actuellement, le plateau Bangombé présent une multitude des biotopes dû à une forte activité minière. Ces biotopes sont essentiellement dominés par des espèces

caractéristiques des milieux anthropisés, notamment (*Musanga cecropioides*, *elaeis guineensis*) La végétation de cette région (Fig 1b) est dominée essentiellement par les mosaïques forêt-savane (Caballé, 1978). Les bosquets forestiers sont dominés par les taxons tels que *Alchornea*, *Pentaclethra eetveldeana*, *Uapaca guineensis*, *Musanga cecropioides*, *xylopia aethiopica*, *Psychotria gabonica*,

Piptadeniastrum africanum alors que les savanes sont dominées par les taxons herbacés, notamment *Hyparrhenia diplandra*, *Loudetia demeusii* les *Poaceae* et quelques arbustes tels que *Bridelia ferruginea*, (*Euphorbiaceae*), *Hymenocardia acida* (*Euphorbiaceae*), *Nauclea latifolia* (*Rubiaceae*) (Schnell, 1976; Letouzey, 1968; 1985)

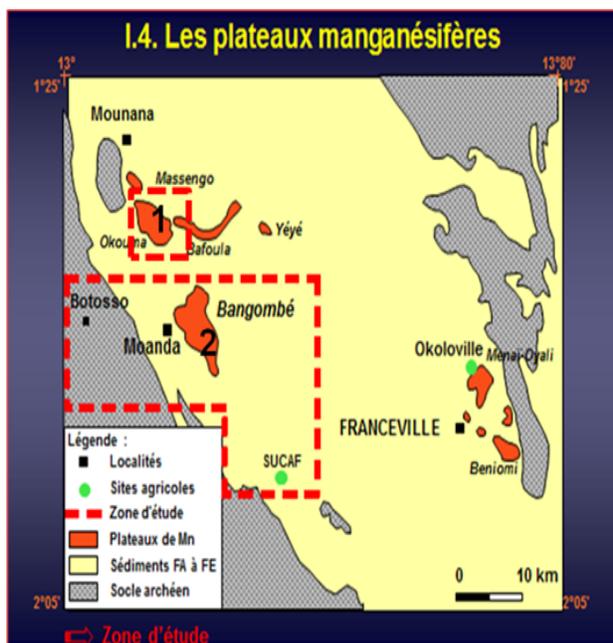


Figure 1a. 1a. Localisation du site d'étude

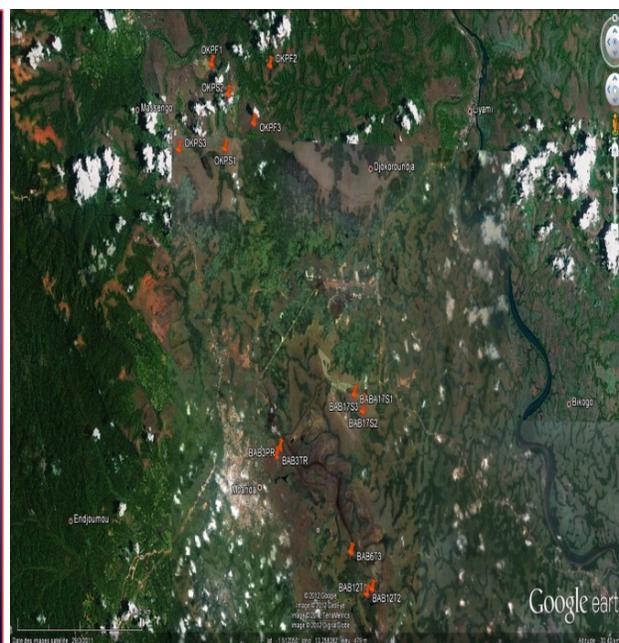


Figure.1b. Mosaïque forêt-savane

Ces bosquets forestiers sont souvent sur les socles granito-gneissique et le long des cours d'eau (White et Abernethy, 1996) alors que les savanes sont installées sur les sols gréseux et pélitique (Descoings, 1975). La région minière de Moanda, comme les plateaux Batéké, est caractérisé par un climat relativement doux, avec des températures moyennes annuelles autour 24°C et des amplitudes mensuelle de 2 à 5°C (Guichard, 1974). En fonction des précipitations, cette région présente quatre saisons d'inégale répartition : Deux saisons de pluies de mi-septembre à mi-janvier et l'autre de mi-février à mi Juin avec des précipitations

moyenne autour de 1800mm. Deux saisons sèche, bien marquées, de mi-Juin à mi-Septembre et l'autre de mi-Janvier à mi-février avec les précipitations moyennes autour de 300mm. L'humidité dépasse 80% (Molinier *et al.*, 1981)

b) Acquisitions des données : L'acquisition des données s'est faite dans deux écosystèmes à savoir en savane et en forêt. La méthode destructive décrite par (Hairiah *et al.*, 2010), a été utilisée. Elle consiste à identifier et à mésuser à l'aide d'un pied à coulisse tout les arbres dans les parcelles de 5m x 5m (Fig2.)



Figure 2: Mise en place d'un quadrat

Les arbustes dont le diamètre est compris entre 1 et 5 cm ont été mesurés. Ces tiges des individus sont sectionnées au ras le sol à l'aide d'un sécateur pour les espèces faible diamètre et une machette pour les espèces gros diamètre. Le matériel végétal est scindé en deux groupes, le premier groupe comportant les individus dont le diamètre est compris entre 1 et 5 cm et second groupe comportant, les individus dont diamètre est inférieur 1cm. Dans le premiers groupe, les individus sont d'abord pesés séparément, ensuite pour chaque individus la partie chlorophyllienne est séparée de la partie non chlorophyllienne, puis pesé la matière fraîche de deux compartiments et afin un aliquote de chaque compartiment est prélevé et pesé

pour avoir le poids frais en gramme. Dans le deuxième groupe, tous les herbacés sont coupées, mise dans les sacs poubelles pour être pesés et puis un échantillon (aliquote) est prélevé dans chaque sac poubelles, pour avoir le poids frais. Fig. 3. Afin de mieux cerner, l'évolution de la biomasse sèche dans les différents biotopes en savane, ce plan d'échantillonnage a été suivi le long d'un gradient des perturbations allant des savanes dite naturelles jusqu'aux savanes totalement réhabilitées après l'activité minière, en passant par les savanes non réhabilitée après l'activité minière et par les savanes partiellement réhabilitées après l'activité minière.



Figure 3: Mesure de la masse des Aliquotes

c).Analyse en laboratoire : Les aliquotes prélevés sont séchés dans une étuve à différente température. Fig.4

- 105°C pour le compartiment non chlorophyllien
- 75°C pour le compartiment chlorophyllien



Figure 4 : Séchage à l'étuve et pesage des échantillons

Les échantillons sont pesés juste après leur sortie de l'étuve pour éviter qu'ils ne réabsorbent l'air ambiant et les pesés se poursuivaient jusqu'à l'obtention d'une masse sèche constante. Les données obtenues étaient reportées sur une fiche indiquant les poids frais (obtenus sur le terrain) et les poids sec (obtenus en laboratoire)

d.) Analyse statistiques : Les données obtenues ont permis d'estimer la biomasse de sèche en forêt et en savane sur les deux plateaux. Cette biomasse est obtenue par la formule suivante :

Biomasse sèche = [(poids frais de feuilles) × (poids sec de l'échantillon de feuille) /

(Poids frais de l'échantillon de feuille)] + [(poids frais de tiges) × (poids sec de l'échantillon de tige) / (poids frais de l'échantillon de tiges)]

Un test de vraisemblance a été réalisé entre les forêts et les savanes, entre différents biotopes des savanes (les savanes naturelles, savanes après brûlées, savane partiellement réhabilitée après l'activité minière, savane totalement réhabilitée après l'activité minière, savane non réhabilitée après l'activité minière), ainsi une ANNOVA a été faite à partir du Logiciel « R ».

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Le modèle statistique « Annova » réalisé sur les biomasses sèches des deux écosystèmes (forêt/savane) montre une différence très significative (P>F=2e-16). Ce qui suggère que la biomasse sèche moyenne de savane est supérieur à celle de sous-bois. En effet, la Biomasse sèche moyenne des forêts du

3442996 kg/ha, avec une déviation standard est de 390.5961kg/ha, alors que la biomasse sèche de moyenne savane est de 35466760kg/ha avec une déviation standard de 2148.394kg/ha. Ces coefficients sont regroupés dans le tableau1.

Tableau 1: Les coefficients statistiques de l'Annova entre la biomasse de sous-bois et celle de savanes

Site	Effectifs	Moyenne	Deviation standard	P>F
Forêt	71	343.2996	3905961	2,00E-16
Savane	54	3546.6760	2148.3943	

La Figure 5 montre clairement qu'il y a une différence significative entre la biomasse moyenne sèche de forêt et celle de la savane. Ces résultats confirment

nettement que la biomasse sèche moyenne de savane est supérieure à la biomasse sèche moyenne de sous-bois des forêts.

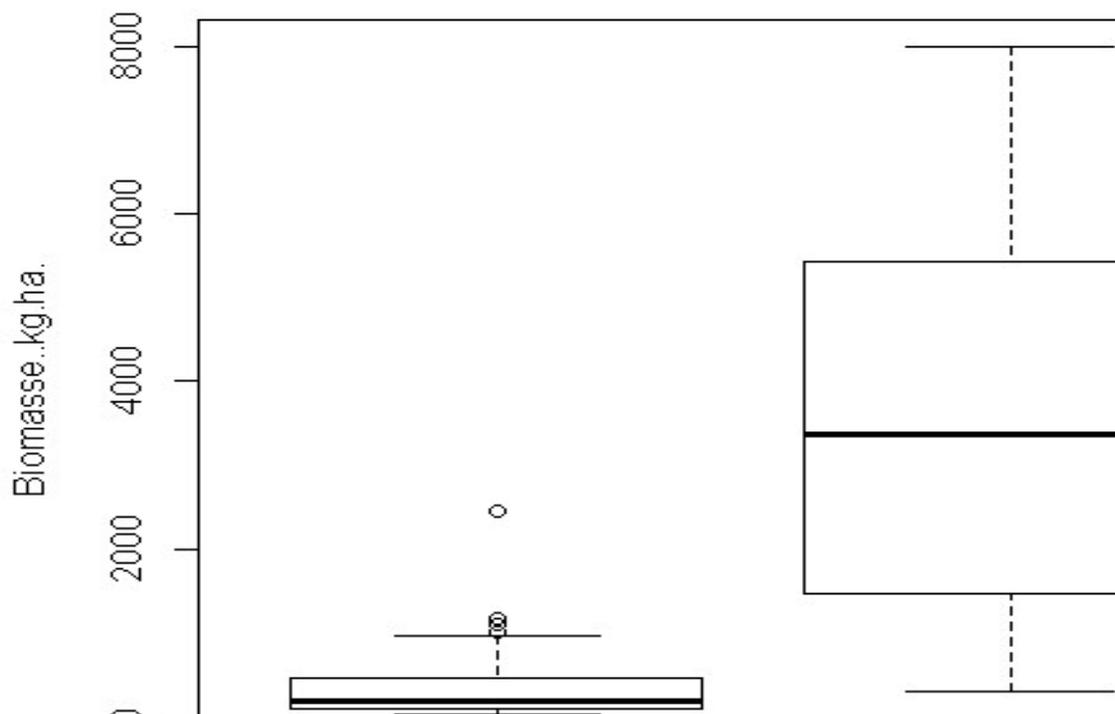


Figure 5 : Dispersion de la biomasse moyenne sèche en savane et en sous-bois

Le tableau 2 montre la biomasse sèche en (Kg/ha) dans les différents types des biotopes en savane. Le modèle statistique «Anova» réalisé sur les biomasses sèches de ces différents biotopes montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre les moyennes de biomasses des différents biotopes ($P > F = 0.301$). Ce résultat suggère que les biomasses sèches moyennes sont égales d'un biotope à un autre. En effet, la biomasse sèche moyenne des savanes brûlées est de 2708369kg/ha, la déviation standard est de

1988849kg/ha, Celle de savanes non réhabilitées après exploitation du manganèse est de 3899047kg/ha avec une déviation standard de 1895930kg/ha, tandis que la biomasse sèche moyenne de savanes partiellement réhabilitées est de 3182595kg/ha, avec une déviation standard 2436561 kg/ha. Afin la biomasse moyennes sèches savanes totalement réhabilitées après exploitation minière est de 4405913kg/ha, avec une déviation standard 1789339kg/ha. Ces coefficients sont regroupés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Les coefficients statistiques de l'Anova entre la biomasse des différents biotopes en savanes

Site	Effectifs	Moyenne	Deviation standard	P>F
Savanes brûlées	7	2708.369	1988.849	0.301
Savanes non réhabilitées	15	3899.047	1895.930	
Savanes partiellement réhabilitées	22	3182.595	2436.561	
Savanes totalement réhabilitées	10	4405.913	1789.339	

Figure 6 montre qu'il n'y a pas des différences significatives entre la biomasse sèche moyenne des différents biotopes en savanes. Ces résultats confirment que les biomasses sèches moyennes des différents biotopes de savane sont égales. Par ailleurs, lorsqu'on s'intéresse à l'évolution de la biomasse

moyenne sèche dans différents biotopes, la biomasse moyenne sèche semble suivre un gradient de réhabilitation de savanes. La biomasse moyenne sèche est plus importante dans les savanes totalement réhabilitées après exploitation minière. (Tableau 2).

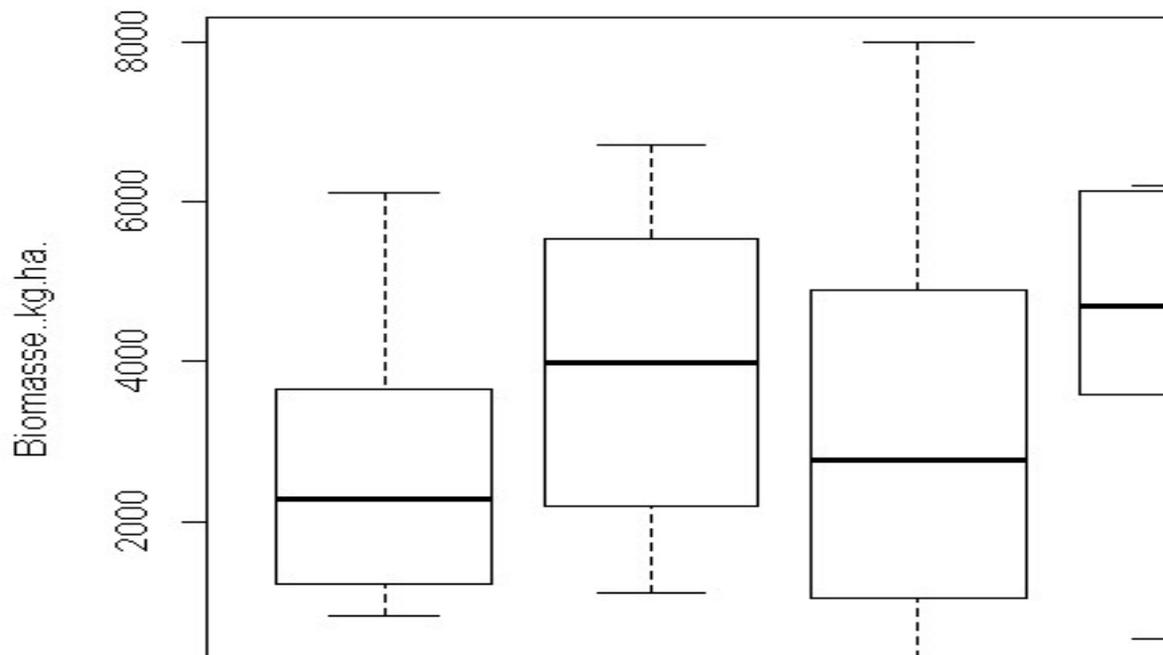


Figure 6 : Dispersion de la biomasse moyenne sèche dans les différents biotopes anthropisés en savane

DISCUSSION

L'étude effectuée dans le sud-est du Gabon, plus précisément sur le plateau Okouma et Bagombé avait pour but de quantifier la biomasse sèche en savanes, dans le sous-bois, de suivre l'évolution de la biomasse dans différents biotopes de savanes anthropisées et évaluer le gain financier susceptible de se procurer dans le cadre du Programme REDD. Les résultats obtenus montrent que la biomasse sèche en savanes est plus importante que celle de sous-bois de forêt. Ces différents stocks de biomasse entre les deux types d'écosystèmes s'expliqueraient par la densité de l'espèce herbacée et espèces ligneuses les constituent. En effet, dans les milieux savanicole, les espèces herbacées sont plus abondantes que les arbustes, alors que dans les bosquets forestiers, les espèces ligneuses sont les plus abondantes. Ce différence du

peuplement s'expliquent par le fait que les bosquets forestiers se développent par un processus de succession naturelle passant par plusieurs stade de maturité (Muller *et al.*, 2002). Les espèces de ces écosystèmes n'ont pas les mêmes exigences pour la lumière, qui est un élément essentiel pour la photosynthèse et production de la biomasse. Les bosquets forestiers (forêt secondaires) sont constitués essentiellement par des espèces héliophiles telles que *Alchornea*, *Musanga cecropioides*, *elaeis guineensis*, *xylopia aethiopica* Ces espèces à croissance rapide peuvent empêcher les développements des espèces sous-bois, qui seraient plutôt des espèces sciaphiles c'est-à-dire qu'elles poussent sous un ombrage important. Ceci pourrait expliquer la faible densité du sous-bois des bosquets forestiers. Alors qu'en savanes

milieu très ouvert, l'énergie lumineuse arrive directement à strate herbeuses, ce qui entraîne une forte productivité de la biomasse en savane. Par ailleurs, la comparaison de la productivité de la biomasse moyenne sèche sur les différents biotopes de savanes montre qu'il n'a pas une différence significative entre les différents biotopes. Cela semble s'expliquer par la taille de l'échantillonnage dans chaque site. Toute fois, une analyse plus poussée des données montre que la plus faible quantité de biomasse moyenne se trouve dans les savanes non réhabilitées après l'exploitation minière. Par exemple, la biomasse sèche moyenne de savanes non réhabilitées (3899047kg/ha) alors que celle de savanes réhabilitées (4405913kg/ha). Ce résultat semble être cohérent avec les travaux de (Pucheta *et al.*, 1998; Adler et Morales 1999; Gibbon *et al.*, 2010), qui ont montré que la surexploitation des pâturages dans les prairies des hautes altitudes réduisait la densité du Carbone séquestré. Par conséquent, les savanes réhabilitées présentent une nette augmentation de la biomasse sèche, ce qui semble très intéressant pour le fonctionnement des ces biotopes. En effet, la réhabilitation des sites exploités par la Compagnie Minière de L'Ogooué (COMILOG) a conduit à une forte augmentation de la séquestration de Carbone. Actuellement, la zone exploitée par la COMILOG sur le plateau Bagombé représente environs 3700ha. Si on

CONCLUSION

Ce travail a permis de quantifier la biomasse sèche moyenne de savane et du sous-bois en forêt. La productivité de la biomasse sèche moyenne en savane est beaucoup plus importante que celle du sous-bois. Ce pendant, ces résultats doivent être pris avec beaucoup des précautions car pour mieux quantifier la biomasse dans la mosaïque forêt-savane, il serait

REMERCIEMENT

Ce travail a été financé par la Compagnie Minière de l'Ogooué (COMILOG) dans le cadre d'une étude d'impact en vue de la réhabilitation de plateau

BIBLIOGRAPHIE

Adler, P.B., Morales, J.M., 1999. Influence of environmental factors and sheep grazing on grassland. *J Range Manag* 52:471–81.
Caballe, G., 1978. La Biologie des laines ligneuses en forêt gabonaise. Th. Dr. Etat, Univ. Montpellier II, France

tient compte de la valeur moyenne de Carbone séquestré dans cette zone après une réhabilitation totale dans le cadre du programme REDD, la biomasse moyenne sèche serait environs de 16301878100kg/ha soit 1630187.81t/ha, tout en sachant que le carbone séquestré représente environs 60% de biomasse sèche donc le Carbone stocké dans ces milieux est de 978113t/CO₂. En considérant l'hypothèse du prix de carbone 3.4\$ U.S.A par tonne/CO₂ soit 1664.13 FCFA (Prix moyen pour les projets agricoles en carbone 2008, Hamilton *et al.*, 2009). Ce projet de réhabilitation de plateau Bagombé par la Compagnie Minière de l'Ogooué (COMILOG) pourrait engendrer de gain important d'environs 3.325.583.13\$.U.S.A soit environs 478.737.300F CFA. Toute fois, aujourd'hui ces biotopes réhabilités sont essentiellement constitués des espèces invasives telles que *Chromolaena odorata*, *Triumfetta*, *Pteriduin*, qui ne constituent pas l'état initial de ces savanes. La réhabilitation des savanes après l'exploitation minière a certes un effet positif sur le fonctionnement de ces biotopes en terme d'augmentation de productivité de la biomasse et terme financiers, mais elle devrait aussi, tenir compte de la structure initiale des ces milieux ou chercher des espèces végétales qui peuvent bien se développer dans ce milieu pour une meilleure séquestration du carbone

souhaitable de mettre en place une équation allométrique en savane en tenant compte des arbustes dont le diamètre est supérieure à 5cm, et utiliser l'équation allométrique de Chave *et al.*, 2005 pour les bosquets forestiers. Par ailleurs, ce travail a permis d'estimer le gain financier que l'on peut procurer par la vente du Carbone dans le cadre du programme REDD

Bagombé. Nos remerciements s'adressent également à Nzinga Maurice et Bihemm Embilewa Manuel pour leur assistance technique.

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., Yamakura, T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and

- balance in tropical forests, *Oecologia* 145, 87-99
- Descoings, B., 1975. Les savanes du Haut-Ogooué. Région de Moanda. Analyse floristique, analyse structurale, possibilités pastorales. ORSTOM, 76pp
- Djemo, A.N., Ibrahima, A., Saborowski, J., Gravenhorst, G., 2010a. Allometric equation for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. *Forest ecology management*, 1873-1885.
- Djemo, A.N., Knohl, A., Gravenhorst, G., 2010b. Estimation of total ecosystem carbon pools distribution and carbon biomass current annual increment of a moist tropical forest. *Forest ecology management* 1448-1459
- Fearnside, P. M. 1996 Amazonian deforestation and global warming: carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. *Forest Ecol. Management* 80, 21-34
- Gibbon, A., Silman, R.M., Malhi, Y., Fisher, J.B., Meir, P., Zimmermann, M., Greta, C., Dargie, G.C., Farfan, W.R., and Garcia, K., C. 2010. Ecosystem Carbon Storage across the Grassland-Forest Transition in the High Andes of Manu National Park, Peru. *Ecosystems* 1097-1111 DOI: 10.1007/s10021-010-9376-8
- Guichard, E., 1974. Etude pédologique du Ranch d'Okouma, Rapport inédit ORSTOM, Libreville, 120p.
- Hairiah, K., Sitompul, S.M., Norordwijk, M.V., Palm, C., 2010. Methods for sampling carbon stocks above and below ground, Lecture Note 4B, December, 2010, Bogor Indonesia.
- Hamilton, K., Sjardin, M., Shapiro, A., Marcello, T., 2009. Fortifying the foundation: state of the voluntary carbon markets 2009. *Ecosystem Market place and New Carbon Finance*.
- Henry, M., 2010b. Carbon stocks and dynamics in sub saharan Africa, Thesis of Franco-Italienne university, 399pp
- Henry, M., Besnard, A., Asante, W. A., Eshun, J., Adu-Bredu, S., Valentini, R., Bernoux, M., Saint-André, L., 2010a. woody density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest ecology management*, 1375-1388.
- Houghton, R. A., Lawrence, K. T., Hackler, J. L. & Brown, S. 2001 The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. *Global Change Biol.* 7, 731-746
- IPPC., 2007. Bilan des changements climatiques : Rapport de synthèse
- Letouzey, R., 1968. Etude phytogéographique du Cameroun, Lechalier, Paris.
- Letouzey, R., 1985. Notice phytogéographique du Cameroun au 1:500.0000, institut de la carte internationale de la végétation, Toulouse, France.
- Molinier, M., Thebe, B., Thibaux, J.P., 1981. Données hydrologique de la République Populaire du Congo, Rapport inédit ORSTOM, Brazaville, 35 p
- Muller, E., O.I.B.T., 2002. Réintégrer les forêts secondaires dans le paysage, OIBT 16 p
- Pucheta, E., Cabido, M., Diaz, S., Funes, G., 1998. Floristic composition biomass and aboveground net plant production in grazed and protected sites in mountain grassland of central Argentina. *Acta Oecol* 19:97-105.
- Schnell, R., 1976. Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. 3. La flore et la végétation de l'Afrique tropicale. Gauthier-Villars, Paris
- Schuman, G.E., Janzen, H.H., Herrick, J.E., 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. *Environ Pollut* 116:391-6.
- Scurlock J.M.O., Hall D.O., 1998. The global carbon sink: a grassland perspective. *Glob Change Biol* 4:229-33.
- White & Kate Abernethy. 1996. Guide de la végétation de la réserve de la Lopé, 44 pp