

Contribution à l'estimation de la biomasse aérienne des forêts Miombo du Haut Katanga : Etude préliminaire (RD Congo)

[Contribution to the estimation of the above ground biomass of the Haut Katanga Miombo forest : Preliminary study (DR Congo)]

FREDDY YUMBA NKULU¹, CARMELLE TSHIMETA MWAMBA², ISMAEL MUKUNTO KIMONGE³, and KABULU DJIBU³

¹Departement de Biologie-chimie, Section sciences exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Lubumbashi, RD Congo,

²Departement de géomines, Institut Supérieur de techniques appliquées de Lubumbashi, RD Congo,

³Departement de Géographie et gestion de l'environnement, Section sciences exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The main objective of this study was to estimate the above-ground biomass in the Miombo forest of the Haut Katanga ecological system in the Democratic Republic of Congo; the case of the "Notre Dame" monastery's forest of Kiswishi. So, the allometric method was used that consist in the proportionality relation between the relative growth and the mensurations. The evaluated parameters were the terrier area, the above ground biomass according to the Brown's model (1997) and the estimation of the carbon dioxide emissions for the treeless superficies. On the two selected plots with the medium density of 562 trees per hectare, it was estimated, according to the diameter at the chest height, the above ground biomass of 168.8 metric ton per hectare; the terrier area of 18.86 m²/ha and 618.95 metric ton per hectare of carbon dioxide that would be sent out in the atmosphere if all trees of the ground were cut down and burnt. In conclusion, the Miombo forest of Kiswishi accuse low biomass seeing that it is mainly represented by trees with à diameter at the chest height less than 30 cm.

KEYWORDS: Miombo, Biomass, diameter at the chest height, the allometric method and carbon dioxide.

RESUME: Cette étude avait pour objectif principal d'estimer la biomasse aérienne sèche dans la forêt Miombo de l'écosystème de la province du Haut Katanga en République Démocratique du Congo. Pour ce faire, il a été utilisé la méthode allométrique qui consiste en une relation de la proportionnalité entre les accroissements relatifs et les mensurations. Les paramètres évalués étaient la surface terrière, la biomasse aérienne sèche selon le modèle de BROWN (1997) et l'estimation des émissions de CO₂ pour une superficie déboisée. Sur les deux terrains échantillons sélectionnés avec une densité moyenne de 562 arbres par hectare, il a été estimé sur base du diamètre à hauteur de poitrine une biomasse de 168,8 tonnes métriques/ha, une surface terrière de 18,86 m²/ha et 618,95 tonnes métriques/ha de CO₂ qui seraient émis dans l'atmosphère si tous les arbres des terrains échantillons avaient été abattus et brûlés. En conclusion la forêt Miombo de Kiswishi accuse une faible biomasse étant donné qu'elle est représentée principalement par des arbres de faible diamètre inférieur à 30cm.

MOTS-CLEFS: Miombo, Biomasse, diamètre à hauteur de poitrine, méthode allométrique et gaz carbonique.

1 INTRODUCTION

La biomasse est un terme désignant la masse totale de matière vivante présente à un niveau trophique donné dans un écosystème ou correspondant à celle de la population d'une espèce donnée dans une communauté [1].

Toutes les plantes forestières, y compris les arbres, utilisent la photosynthèse pour absorber le CO₂ et le transformer en différents composés organiques qui constituent le matériel végétal comme le bois, l'écorce ou les feuilles. Cela contribue donc à la diminution du CO₂ dans l'atmosphère [2]; [3].

Le maintien et la gestion prudente des stocks de carbone forestier peuvent donc fortement contribuer à l'atténuation des changements climatiques à l'échelle globale. Toutefois, la pression subie par les forêts continue d'être forte, particulièrement dans les pays en développement à fort couvert forestier [4]. Cela se fait remarquer par les émissions de CO₂ dans le monde dues à la déforestation et la dégradation forestière qui demeurent importantes avec un taux de 20% dans les années 1990 et environ 12% aujourd'hui [5].

Cette situation constitue la motivation de beaucoup d'études menées sur les forêts de la République Démocratique du Congo dont la plupart de ces études évaluent les causes, l'évolution et les conséquences de la déforestation. Parmi ces études nous pouvons citer celle de DUVELLIER *et al*, (2008) qui a démontré que la principale cause de la déforestation en RDC est l'agriculture [6]. Par contre LAPORTE (2007) a prouvé que le déboisement et la dégradation forestière influent sur le stockage de carbone dans le sol dans son étude ayant pour thème « Réduire les émissions de CO₂ du déboisement et de la dégradation dans la République Démocratique du Congo : un premier aperçu » [7]. Les études de DJIBU (2008) sur « l'analyse de la structure spatiale des forêts au Katanga » ont montré que les forêts de cette province subissent une pression anthropique assez forte [8].

Etant donné que très peu d'études portent sur l'évaluation de la biomasse, nous avons voulu contribuer à l'évaluation de la biomasse forestière dans cette étude ayant pour thème « *Contribution à l'évaluation de la biomasse aérienne sèche des forêts Miombo du Haut Katanga* ».

Pour atteindre l'objectif de cette étude, il a été sélectionné deux parcelles différentes dans la forêt du Monastère Notre dame de sources de Kiswishi (à 18 km de la ville de Lubumbashi) où nous avons mesuré le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) des arbres présents pour la détermination de la biomasse aérienne sèche et la surface terrière et cela au courant du mois d'avril 2017.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Cette étude a été réalisée dans la concession privée du monastère NOTRE DAME de KISWISHI situé à 1316 m d'altitude, 11°53'44" de latitude sud et 27°46'28" de longitude Est (coordonnées de l'entrée du MONASTERE). Cette concession est en grande partie couverte par la forêt claire de type MIOMBO dont les essences dominantes appartiennent aux genres *Brachystgia*, *Julbernardia* et *Isoberlinia*. Selon le modèle de Ndjele, cette forêt est localisée dans la Région zambézienne, le Domaine zambézien et le Secteur Bemba KOFFI, 2008 en République Démocratique du Congo, dans la province du Haut-Katanga à 18 kilomètres de Lubumbashi sur l'axe routier Lubumbashi-Likasi [9].

2.2 RECOLTE DES DONNEES

2.2.1 DISPOSITION DE L'ÉCHANTILLON DE TERRAIN

Dans cette étude, l'emplacement du point central du terrain a été déterminé avec plus de précision possible ; les mesures des distances lors de l'établissement de l'échantillon de terrain, ont été prises à l'aide d'un ruban à bobines de 50 mètres tout en considérant le point central comme la principale référence. Ainsi, il a été déterminé des terrains carrés de 40 mètres de côté dont les coins étaient en ligne avec les quatre points cardinaux.

2.2.2 LES MESURES DU DIAMÈTRE DES ARBRES

Pour mesurer le diamètre à hauteur (DHP) de poitrine des arbres, il a été prélevé la circonférence à l'aide d'un mètre ruban qui a été enroulé autour de l'arbre à 1,3 mètre de la surface du sol. A partir de cette mesure de la circonférence, il a été calculé le DHP sur base de la formule ci-après :

$$\text{Diamètre} = \frac{\text{Circonférence}}{\pi}$$

Signalons que dans cette étude, nous n'a été considéré que les arbres dont le DHP était supérieur ou égale à 5 cm car selon WALKER & al (2011 [2]), ce seuil de 5 cm assure que la majorité des arbres qui contribuent à la biomasse aérienne totale du terrain soient inclus dans l'estimation finale.

2.2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

2.2.3.1 DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ DES ARBRES ET LA SURFACE TERRIÈRE

La surface terrière d'un arbre ($g_{1,3}$) correspond à la surface de sa section à 1,3 m de hauteur. La surface terrière du peuplement « G » est alors obtenue par la sommation des surfaces terrières g_i de N arbres à l'hectare le constituant soit :

$$G = \frac{\pi}{4} \cdot \sum n_i \cdot d_i^2$$

Avec : G = surface terrière en m²/ha

d_i = diamètre moyen d'une classe "i" en mètre

n_i = nombre d'arbres par classe de diamètre

2.2.3.2 DÉTERMINATION DE LA BIOMASSE AÉRIENNE SÈCHE

Dans cette étude la biomasse aérienne sèche était déterminée par la méthode allométrique qui consiste en une relation de la proportionnalité entre les accroissements relatifs et les mensurations. Diverses équations existent à cet effet mais lors de cette étude, il a été utilisé le modèle de BROWN (1997) qui se résume par la formule : $AGB = \text{Exp}(-2,134 + 2,53 \ln(D))$. Le choix de ce modèle a été déterminé par le nombre des paramètres mesurés car il n'a été mesuré que le diamètre des arbres dans cette recherche [5].

2.2.3.3 CALCUL DES ÉMISSIONS DE DIOXYDE DE CARBONE POUR UNE SUPERFICIE DÉBOISÉE

La quantité de dioxyde de carbone (CO₂) qui serait émise dans l'atmosphère si tous les arbres dans le terrain-échantillon avaient été coupés et brûlés complètement a été calculée comme suit :

$$CO_2 = AGB_h * \frac{PM_{CO_2}}{PM_C}$$

Avec :

AGB_h = la biomasse aérienne totale sur un hectare du terrain – échantillon

PM_{CO_2} = poids moléculaire du dioxyde de carbone

PM_C = poids moléculaire du carbone

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 PRESENTATION DES RESULTATS

Sur base de la méthodologie décrite ci-dessus, il a été obtenu des résultats que nous présentons ci-dessous. Ces résultats concernent en premier la densité forestière, la surface terrière ainsi que la biomasse aérienne et en second lieu il sera présenté les résultats en rapport avec le pH et la teneur en matière organique des sols analysés.

3.1.1 LA DENSITÉ

Dans cette étude, la densité forestière représente le nombre d'arbres pouvant se retrouver sur une superficie d'hectare de terrain. Les résultats obtenus à ce sujet sont repris dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1. Résultats sur la densité dans les deux parcelles étudiées

N°	Classe de DHP	Parcelle A		Parcelle B	
		Nbre d'arbres/ha	Proportion du total	Nbre d'arbres/ha	Proportion du total
1	< 10 cm	112	18,5%	169	32,6%
2	[10,20[	262	43,3%	200	38,6%
3	[20,30[	162	26,8%	81	15,6%
4	≥30 cm	69	11,4%	68	13,1%
Total		605	100%	518	100%

Il ressort de ce tableau 1 que la densité totale a été de 605 arbres/ha dans la parcelle A et 518 arbres/ha pour la parcelle B. Par rapport aux différentes classes le constat était que les plantes ayant un diamètre compris entre 10 et 20 cm ont été plus nombreuses dans les deux parcelles étudiées soient 262 arbres/ha (ou de 43,3% du total) dans la parcelle A et 200 arbres/ha (ou 38,6% du total) pour la parcelle B. On retrouve en deuxième position la classe de DHP de 20 à 30 cm pour la parcelle A alors que dans la parcelle B on retrouve les plantes ayant un DHP inférieur à 10 cm. Les plantes ayant un DHP supérieur ou égale à 30 ont été minoritaires dans les deux parcelles soient des densités de 69 arbres/ha en A et 68 arbres/ha en B correspondant respectivement à 11,4% et 13,1%.

3.1.2 LA SURFACE TERRIÈRE

En appliquant la formule donnée précédemment, il a été déterminé de la surface terrière de chaque parcelle étudiée et chaque classe de diamètre considéré. Les résultats obtenus figurent dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2. Résultats sur surface terrière des terrains étudiés

N°	Classe de DHP	Parcelle A		Parcelle B	
		Surface terrière en m ² /ha	Proportion du total	Surface terrière en m ² /ha	Proportion du total
1	< 10 cm	0,52	2,5%	0,81	4,7%
2	[10,20[	5,26	25,6%	3,16	18,4%
3	[20,30[	7,06	34,4%	3,47	20,2%
4	≥30 cm	7,68	37,4%	9,76	56,7%
Total		20,52	100%	17,20	100%

L'examen du tableau 2 montre que la surface terrière de la parcelle « A » a été grande (soit un total de 20,52 m²/ha) que celle du terrain-échantillon B (soit 17,20 m²/ha au total).

La contribution des arbres de diamètre supérieur ou égale à 30 cm à la surface terrière a été grande dans tous les deux cas : dans le terrain échantillon A les arbres de cette classe représentent une surface terrière de 7,68 m²/ha correspondant à une proportion de 37,4% et dans le terrain échantillon B cette classe de DHP a constitué une surface terrière de 9,76% soit une proportion de 56,7%.

3.1.3 LA BIOMASSE AÉRIENNE SÈCHE

Les résultats de la détermination de la biomasse aérienne sèche sont répartis en fonction des terrains des terrains échantillons et exprimés en tonnes métriques par hectare.

Tableau 3. Biomasse aérienne sèche du terrain échantillon A

Classe de DHP	Nombre d'arbres/ha	AGB en tonnes métriques/ha	Proportion du total
<10 cm	112	2,37	1,3%
[10,20[	262	35,11	19,9%
[20,30[	162	57,32	32,5%
≥30 cm	69	81,71	46,3%
TOTAL	605	176,51	100%

La lecture du tableau 3 révèle que la biomasse estimée pour les 605 arbres du terrain échantillon A était de 176,51 tonnes métriques/ha.

En considérant la quantité de biomasse aérienne sèche par classe de diamètre, il a été constaté que la classe de DHP supérieur à 30 est en tête avec 81,71 tonnes métriques/ha soit une proportion de 46,3%. On retrouve ensuite la classe de DHP variant de 20 à 30 cm avec une biomasse de 57,32 tonnes métriques/ha correspondant à une proportion de 32,5% ; puis celle de DHP compris entre 10 et 20 cm avec une biomasse de 35,11 tonnes métriques/ha (soit 19,9%) et les arbres de moins de 10 cm de diamètres ont eu très peu de biomasse soit 2,37 tonnes métriques/ha (ou 1,3%).

Tableau 4. Biomasse aérienne sèche du terrain échantillon B

Classe de DHP	Nombre d'arbres/ha	AGB en tonnes métriques/ha	Proportion du total
<10 cm	169	3,76	2,3%
[10,20[	200	19,87	12,3%
[20,30[	81	28,07	17,4%
≥30 cm	81	109,40	67,9%
TOTAL	518	161,10	100%

L'observation du tableau 4 ci-dessus montre que la biomasse totale estimée sur le terrain échantillon B est de 161,10 tonnes métriques/ha. En rapport avec chaque classe de DHP l'ordre d'importance de biomasse a été le même que dans le terrain échantillon précédent c'est-à-dire la classe de DHP supérieur ou égale à 30 cm en première position avec une biomasse de 109,40 tonnes métriques/ha soit 67,9% du total. Puis vient la classe de DHP compris entre 20 et 30 cm avec 28,07 tonnes métriques/ha soit 17,4% ; celle de DHP compris entre 10 et 20 cm en troisième position avec une biomasse de 19,87 tonnes métriques/ha soit 12,3% et enfin, il y a celle de DHP inférieur à 10 cm avec très peu de biomasse soit 3,76 correspondant à 2,3%.

3.1.4 ESTIMATION DES ÉMISSIONS DE CO₂ POUR UNE SUPERFICIE DÉBOISÉE

A partir de la biomasse aérienne sèche estimée il a été calculé la quantité de dioxyde carbone qui serait émise dans l'atmosphère au cas où tous les arbres des terrains échantillons seraient coupés. Les résultats obtenus sont repris dans le graphique ci-dessous :

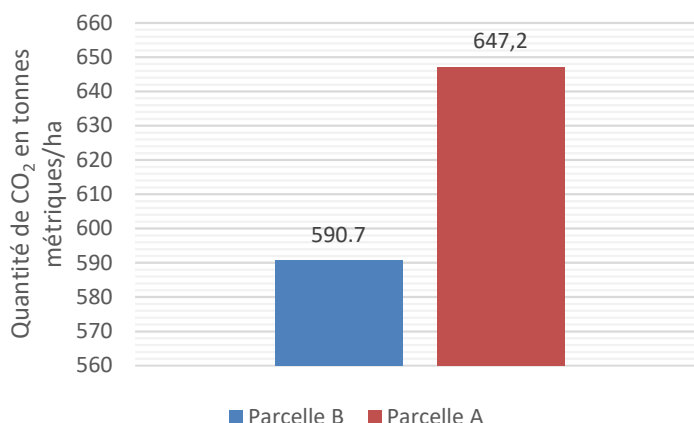


Fig. 1. Estimation de la Quantité de dioxyde de carbone pour une superficie déboisée

L'observation de la figure 1 montre que si tous les arbres des terrains échantillons avaient été abattus et brûlés, par exemple, pour préparer le site de la production agricole, environ 647,2 tonnes métriques/ha de CO₂ seraient émis dans l'atmosphère pour la parcelle A et 590,7 tonnes métriques/ha pour la parcelle B.

3.2 DISCUSSION DES RESULTATS

Le présent travail a été essentiellement axé sur l'évaluation de la biomasse aérienne sèche de la forêt Miombo. Ainsi, il a été sélectionné deux terrain-échantillons dans la concession privée du monastère NOTRE DAME DE SOURCE à KISWISHI où nous avons déterminé la densité forestière, la surface forestière ainsi que la biomasse aérienne sèche dans ces terrains. Ces estimations ont été faites sur une superficie d'un hectare qui est la méthode la plus répandue pour l'estimation de la biomasse comme recommandé par la FAO (1981) [10].

La densité forestière a été de 605 arbres/ha dans le terrain-échantillon A et 518 arbres/ha dans le deuxième terrain-échantillon. En considérant cette densité globale, il n'y a eu aucune différence significative entre les deux valeurs observées. Ce qui indique que les deux terrains considérés pour la récolte des échantillons étaient homogènes. Cependant, les densités étaient variables selon les classes de diamètre à hauteur de poitrine considérées. La majorité des plantes recensées dans cette étude avaient un diamètre compris entre 10 et 30 cm pour toutes les deux parcelles considérées. Cela montre que notre milieu d'étude est constitué d'une forêt jeune en succession écologique.

Selon Tanner, (1980) dans l'évaluation de biomasse, la valeur de diamètre minimum est généralement de 10cm. Cette valeur limite est cohérente avec l'inventaire d'une forêt dominée par des grands arbres [11]. Etant donné que le terrain échantillon de cette étude était constitué des petits arbres, la valeur minimum de diamètre considérée ici était de 5cm. Car Brown (1997) soutient que, la limite de 10cm peut ne pas être adaptée dans des peuplements dominés par des tiges fines ou des plantes herbacées, il convient alors de la diminuer [5]. Baraloto et al., (2011) et Keeling & Phillips, (2007) ajoutent que la masse des plus petits arbres et des autres végétaux ne dépasse alors pas 3% de la biomasse totale. Cela se confirme avec la proportion de la biomasse obtenue pour la classe d'arbres de moins de 10cm de diamètre qui était de 1,3% pour la parcelle A et 2,3% pour la parcelle B [12], [13].

Par contre les grands arbres ont une grande contribution à la biomasse totale sèche soit une contribution de 46,3% dans la parcelle A et 67,9% dans la parcelle B pour les arbres ayant un diamètre à hauteur de poitrine supérieur ou égale à 30 cm.

Pour ce qui est de la surface terrière, il a été observé les valeurs ci-après : 20,52 m²/ha pour le terrain-échantillon A et 17,20 m²/ha pour le terrain-échantillon B. Bien que ces valeurs soit différentes et que l'on ait observé des différences entre les surfaces terrières pour les différentes classes de DHP, aucune de ces différences n'a été significative.

Selon Malhi & Grace, (2000); Fearnside & Laurance, (2004) et Houghton, (2005), la déforestation et le changement d'usage des terres en zone tropicale sont responsables de 15 à 20 % des émissions de GES mondiales [14], [15], [16]. Selon l'estimation faite dans cette étude, la quantité de CO₂ qui pourrait être libérée dans l'atmosphère dans le cas où tous les arbres des terrains-échantillons auraient été abattus et brûlés, seraient d'environ 647,2 tonnes métriques/ha pour la parcelle A et 590,7 tonnes métriques/ha pour la parcelle B. Ces deux valeurs obtenues non significativement différentes sont cependant nettement supérieures à celles de DORVIL (2010) qui ont été de 442 tonnes métriques/ha pour la biomasse et 450 tonnes métriques/ha pour le sol dans une forêt tropicale sèche [17].

4 CONCLUSION

Cette étude a essentiellement consisté en l'évaluation de la biomasse aérienne sèche de la forêt claire Miombo du Monastère Notre Dame de Source de Kiswishi. Pour atteindre cet objectif il a été utilisé la méthode *allométrique* à partir du diamètre à hauteur de poitrine des arbres inventoriés dans deux parcelles de terrains différents sélectionnés. En plus de la biomasse, il a été évalué aussi la surface terrière et les émissions de CO₂ pour une superficie déboisée.

Après analyse, le constat est que les deux terrains échantillons sélectionnés étaient homogènes étant donné qu'il n'y avait pas de différence significative entre les valeurs calculées. Ce qui nous permet de donner les valeurs moyennes suivantes pour cette forêt étudiée : la densité de 562 arbres par hectare, il a été estimé sur base du diamètre à hauteur de poitrine ; une biomasse de 168,8 tonnes métriques/ha, une surface terrière de 18,86 m²/ha et 618,95 tonnes métriques/ha de CO₂ qui seraient émis dans l'atmosphère si tous les arbres des terrains échantillons avaient été abattus et brûlés.

Etant donné que la biomasse est fonction du diamètre des arbres, nous pouvons conclure la quantité de biomasse évaluée est faible car la plupart des arbres ayant constitué le terrain échantillon ont été caractérisés par des faibles valeurs de diamètre à hauteur de poitrine. La conservation de cette forêt s'avère donc nécessaire pour accroître sa capacité de stockage de carbone.

REFERENCES

- [1] Ramade. F (2002) Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'environnement, 2^{ème} édition, France, Paris, pp 789, 790, 801 et 887.
- [2] Walker, W., A. Baccini, M. Nepstad, N. Horning, D. Knight, E. Braun, et A. Bausch. 2011. Field Guide for Forest Biomass and Carbon Estimation. Version 1.0.
- [3] ILWAC (2013) *Guide Méthodologique Estimation du potentiel de séquestration du carbone au MALI*, Gestion intégrée de la terre et de l'eau pour l'adaptation à la variabilité et au changement climatique au MALI
- [4] Musampa, C., Mane, L., Lola Amani, P., Bertzky, M., Ravilious, C., Osti, M., Miles, L., Kapos, V., Dickson, B. (2012) Cartographie des bénéfices potentiels liés à la biodiversité dans le cadre de la REDD+. République Démocratique du Congo. Préparé par UNEP-WCMC, Cambridge, Royaume-Uni; Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme de la RDC et l'Observatoire Satellitaire des Forêts d'Afrique Centrale. (<http://www.un-redd.org/MultipleBenefitsPublications/tabid/5954/Default.aspx>) consulté le 15 avril 2017 à 16h05'
- [5] Brown S., (1997), Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer UN FAO forestry paper 134, Rome, pp 55. available at: www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e00.html consulté le 24 avril 2017
- [6] Duvellier, G., Defourny, P., et Mayaux, P., 2008. *Deforestation in Central Africa: Estimates at regional, national and landscape levels by advanced processing of systematically-distributed Landsat extracts. Remote Sensing of Environment* pp 1969–1981
- [7] Laporte N., (WHRC), 2007. Réduire les émissions de CO2 du déboisement et de la dégradation dans la République Démocratique du Congo : un premier aperçu »
- [8] Kabulu D. J., Bamba I., Munyemba K. F., Defourny P., Vancutsem C., Nyembwe N. S., Ngongo L. M. et Bogaert J., 2008. *Analyse de la structure spatiale des forêts au Katanga*, Ann. Fac. Sc. Agro., I, (2), 2008, 12-18
- [9] Koffi K., 2008. *Analyse de la distribution spatiale des Acanthaceae en Afrique centrale*, Faculté des sciences, Ecole inter facultaire de bio-ingénieurs, ULB, pp 1, 6, 7 et 12.
- [10] FAO, 1981. Manual of forest inventory with special reference to mixed tropical forests. Rome, Italy: FAO.
- [11] Tanner, E. V. J., 1980. Studies on the biomass and productivity in a series of montane rain forests in Jamaica. *Journal of Ecology*, 68(2), 573_588. Times Cited : 85.
- [12] Baraloto, C., Rabaud, S., Molto, Q., Blanc, L., Fortunel, C., Davila, N., Mesones, I., Rios, M., Valderrama, E. & Fine, P.V.A., 2011. Disentangling stand and environmental correlates of aboveground biomass in Amazonian forests. *Global Change Biology* 17: 2677-2688.
- [13] Keeling HC, Phillips OL., 2007. The global relationship between forest productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 618–631.
- [14] Malhi Y. and Grace J., 2000. "Tropical forests and atmospheric carbon dioxide." *Trends in Ecology and Evolution* 15(8): 332-337.
- [15] Fearnside, Philip M., & Laurance, William F., 2004. Tropical Deforestation And Greenhouse-gas Emissions. *Ecological Applications*, 14(4), 982_986.
- [16] Houghton, R. A., 2005. Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. *Global Change Biology*, 11(6), 945_958.
- [17] Dorvil W., 2010. *Evaluation de la biomasse et des stocks de carbone sur des placettes forestières en forêts tropicales humides de Guadeloupe*, Mémoire de D.E.A, Faculté des sciences, Université des Antilles et de la Guyane.