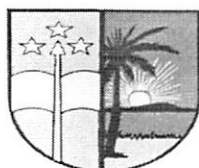


UNIVERSITE DE KISANGANI
FACULTE DE GESTION DES RESSOURCES NATURELLES
RENOUVELABLES



B.P. 2012
KISANGANI

**Analyse comparée de la diversité, de la structure
diamétrique et de la biomasse des plantations à
Gilbertiodendron dewevrei (De Wild.) J. Léonard à
l'I.N.E.R.A Yangambi (Isangi, Province de la Tshopo,
R.D.Congo,)**

Par

Fidèle SUNGA NOEL

Travail de Fin d'Etudes

Présenté et défendu en vue de l'obtention de
diplôme d'Ingénieur Agronome.

Option : Eaux et Forêts.

Directeur : Dr Roger KATUSI LOMALISA

Année académique 2015-2016

DÉDICACE

Je dédie mon travail à l'ensemble des personnes qui ont déjà pris conscience que les écosystèmes congolais méritent d'être protégés afin de léguer aux générations futures un pays viable d'une part et d'autre part, que ces écosystèmes participent activement à l'équilibre du Climat planétaire.

Particulièrement à notre maman Françoise LIPAY SUNGA pour les multiples soutient à notre personne.

REMERCIEMENTS

Nous vous remercions Seigneur Créateur du Ciel et de la Terre pour la grâce que vous ne cessez de renouveler à notre personne.

Merci aux autorités décanales et les Enseignants de la Faculté de Gestion des Ressources naturelles Renouvelables pour votre assistance, conseil et encadrement scientifique.

Nous tenons à remercier d'une façon particulière le Docteur Roger KATUSI qui, en dépit de ses multiples occupations a bien voulu encadrer et diriger à la fois ce travail. Sa main experte, sa disponibilité, son savoir-être et sa rigueur scientifique, nous ont permis de bien rédiger ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à nos parents Désiré KUMBONYEKI et Françoise LIPAY SUNGA pour votre amour et surtout pour les multiples sacrifices à notre faveur.

Aux bien aimés frères et Sœurs : Espérance MUBIEKE, Junior MBOISILANI, Béatrice NGOPELE, Daddy GBUKUMA, Délis GBUKUMA, Christ GBUKUMA, Janvier MBOLINGBA, Jeannette NANGAU, Bernard BONDO, Marcel SENGA, , Amandine NABONDO, Justin SENGA, Mikalsilis SUNGA, Ariane BOTIMA, Dareck SUNGA, Curtis SUNGA, Marcus SUNGA, Fanny SOKI, Louise SOKI, André PALUKU.

Aux collègues qui nous sont restés attachés durant toute cette période de parcours académique : Adonis NDEKENDE, Alice EKOKO, AMISI KAPONGO, Aristote NDINGA, Boreck GATA, Éric LOFASILE, Errol ASSANI, Elvire MUGENI, Donatien KALO, Fortuna MILAMBO, Jamal BARUMBI, Jean-Claude KIYOMBO, Judith KAHINDO, Michel MPIA, Marcel BATULA, Miriam LOSA, Moïse BETUMA, Louis-second APOTA, Patience KASANGE, Hulda ATAKIWE, Yves MOANGO.

Aux amis et connaissances: Sarah NZEWA, Serge KALOMBO WA KALOMBO, Sage SHAKO, Christelle UPOKI, Plamedi MULAMBA, Sarah KALEMBO, Jean IDI RASHI, Célestin ELENGA, Glodi BAMBALATIWE, Cédric RUTI, Cédric SWEDI, Jean IDINU, Ram's TAMBWE, John MASUTA, Julien ALIPANAGAMA, Honoré KAMITUKA, Justin UVON, Serge SHUNGU.

Afin à tous ceux qui ont contribué de prêt comme de loin pour la bonne réalisation de ce travail qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Fidèle SUNGA NOEL

RESUME

Analyse comparée de la diversité, de la structure diamétrique et de la biomasse dans les plantations à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard à l'I.N.E.R.A Yangambi (Isangi, Province de la Tshopo, R.D.Congo,)

L'étude de l'analyse comparée de la diversité, de la structure et de la biomasse de *G. dewevrei* issue de trois plantations enrichies selon les trois différentes méthodes a conduit à l'inventaire de 395 individus dans l'ensemble dont 106 individus dans la plantation enrichie selon méthode de Layon, 141 individus dans la plantation enrichie selon la méthode de Blanc-étoc et enfin, 148 individus dans la plantation enrichie selon la méthode de Martineau.

L'objectif général de ce travail est de comparer la diversité, structure et la quantité de la biomasse produite dans la plantation à *G. dewevrei* de l'INERA-Yangambi.

Nous avons procédé à l'inventaire en plein, et tous les individus à dhp ≥ 10 cm ont été mesurés (à 1,30 m du sol) d'où nous avons enregistré une densité d'ordre de :

- ✚ 102 tiges/ha dans la plantation enrichie selon la méthode de Layon,
- ✚ 392 tiges/ha dans la plantation enrichie selon la méthode de blanc-étoc et
- ✚ 592 tiges/ha dans la plantation enrichie selon la méthode de Martineau.

La surface terrière totale pour les trois méthodes sont respectivement d'ordre de :

- ✚ 25,8708 m²/ha dans la plantation enrichie selon la méthode de Layon ;
- ✚ 36,4392 m²/ha dans la plantation enrichie selon la méthode de Blanc étoc ;
- ✚ 89,708m²/ha dans la plantation enrichie selon la méthode de Martineau.

Depuis la création de chaque plantation jusqu'à 2015 les plantations ont stockés une quantité de biomasse d'ordre de :

- ✚ A 76 ans la plantation a stockée 450,2289t/ha dans la plantation enrichie selon la méthode de Layon ;
- ✚ A 68 ans la plantation a stockée 440,9425t/ha dans la plantation enrichie selon la méthode de Blanc étoc ;
- ✚ A 76 ans la plantation a stockée 1481,2649t/ha dans la plantation enrichie selon la méthode de Martineau.

Mots clés : Structure, biomasse, *G. dewevrei* , plantation, Yangambi.

SUMMARY

Analysis compared the diversity, the diametric structure and the biomass in the plantations to *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Leonardo in the Yangambi I.N.E.R.A (Isangi, Province of the Tshopo, R.D.Congo,)

The survey of the analysis compared the diversity, the structure and the biomass of *G. dewevrei* descended of three plantations enriched according to the three different methods drove on the whole to the inventory of 395 individuals of which 106 individuals in the plantation enriched according to method of Trail, 141 individuals in the plantation enriched according to the method of White-etoc and finally, 148 individuals in the plantation enriched according to the method of Martineau.

The general objective of this work is to compare the diversity, structure and the quantity of the biomass produced in the plantation to *G. dewevrei* of the INERA-Yangambi.

Did we conduct the inventory in full, and all individuals to dbh 10 cm has been measured (to 1, 30 m of soil) from where we recorded a density of order of:

102 tiges/ha in the plantation enriched according to the method of Trail,
392 tiges/ha in the plantation enriched according to the method of white-etoc and
592 tiges/ha in the plantation enriched according to the method of Martineau.

The basal are for the three methods is respectively of order of:

25,8708 m²/ha in the plantation enriched according to the method of Trail;
36,4392 m²/ha in the plantation enriched according to the method of White etoc;
89,708m²/ha in the plantation enriched according to the method of Martineau.

Since the creation of every plantation until 2015 the plantations stocked a quantity of biomass of order of:

To 76 years the plantation stocked 450,2289t/ha in the plantation enriched according to the method of Trail;

To 68 years the plantation stocked 440,9425t/ha in the plantation enriched according to the method of White etoc;

To 76 years the plantation stocked 1481, 2649t/ha in the plantation enriched according to the method of Martineau.

Key words: Structure, biomass, *G. dewevrei*, plantation, Yangambi

0. INTRODUCTION

0.1. Problématique et contexte de l'étude

Les forêts tropicales réparties sur une superficie de 13,76 millions de km², représentent 60% des forêts (FAO 1988, 2005) et jouent un rôle clé dans le cycle mondial du carbone tant au niveau des flux de carbone que du volume de carbone stocké.

Il est bien établi que le climat mondial se modifie de jour en jour en raison de la variabilité naturelle et des causes anthropiques. Ce constat nous amène à comprendre les modifications de la composition de l'atmosphère, les cycles hydrologiques, les apports solaires ainsi que les modifications du cycle biogéochimique du carbone, sachant qu'un hectare de forêt peut séquestrer jusqu'à 2 à 5 tonnes de carbone par an (Negi et al. 2003).

Dans le contexte actuel, l'augmentation des émissions de carbone est l'une des principales préoccupations d'aujourd'hui qui a été traitée à Kyoto (Ravindranath et al. 1997), parce qu'elle est le principal facteur responsable du réchauffement planétaire. Ce protocole reconnaît que les forêts devraient être le meilleur puits de carbone pour stocker le CO₂ se trouvant dans l'atmosphère (Alamgir, 2008).

Outre cela, l'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère stimule le taux de photosynthèse des arbres et peut occasionner une augmentation des taux de croissance et de production de la biomasse (Wildenson, 2010). De plus, la forêt a trois grandes influences sur le changement climatique: elle fournit un puits de carbone qui, lorsqu'il est dégradé, est très sensible à l'évolution du climat ; elle fournit un service environnemental unique en régulant le CO₂ de l'atmosphère et elle offre une alternative aux combustibles fossiles (Alamgir, 2008).

Le changement global affecte la composition de l'atmosphère, l'utilisation des terres, et plus précisément le climat (Mooney et al., 1999). La dégradation de l'environnement en termes de gaz à effet de serre, l'émission du dioxyde de carbone, l'amincissement de la couche d'ozone, la dégradation des terres, la rareté de l'eau, la déforestation et d'autres désastres sont considérés comme une menace pour le bien être de la population (Alamgir, 2008). Le CO₂ est un gaz qui permet à la terre de bénéficier d'un effet de serre naturel indispensable à la vie, puisqu'il maintient la température moyenne terrestre à 15°C au lieu de -18°C. Par ailleurs, l'augmentation de sa concentration a une influence directe sur l'efficacité de cet effet de serre et induit le réchauffement de la planète.

Les forêts africaines demeurent peu étudiées, alors que des méthodologies permettant d'estimer les stocks de carbone ont été proposées sur les autres continents (Basuki et al., 2009). Ces forêts constituant le second massif continu des forêts tropicales, il est urgent de proposer une méthodologie scientifiquement robuste d'évaluation de leur biomasse et de leur stock de carbone. Par ailleurs, l'une des étapes clé du calcul de la biomasse d'un arbre étant l'estimation de son volume, l'amélioration de cette estimation de volume est assurément de la plus haute importance, notamment pour les sociétés d'exploitation forestière. Lors de cette estimation, l'utilisation d'un modèle d'équation pour chaque espèce semblerait préférable parce que les arbres de différentes espèces sont différents en termes d'architecture et la densité du bois (Ketterings, 2001).

La RDC en tant que pays à vocation forestière, les forêts denses couvrent une superficie d'environ 101 millions d'hectares dont 60 millions sont actuellement exploitables. La forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* est une des formations des forêts denses humides du pays. La mise en valeur de ces ressources forestières permettra de relever l'économie du pays et fera naître de nouveaux pôles de développement avec possibilité d'enrichir et de diversifier la vie rurale (Lokombe, 2004).

C'est dans cette logique que la présente étude est basée sur l'analyse comparée de la diversité, de la structure et de la biomasse des plantations à *G. dewevrei* de l'INERA-Yangambi. Elle cherche ainsi à connaître le volume sur pied et de calculer la biomasse totale en partant de ces volumes sur pied. L'on estime également que certaines informations, comme la diversité spécifique, la structure pourront s'en suivre et être combinées à cette biomasse (équations de calcul du volume ou de la biomasse de bois).

En bref notre problématique s'articule autour des questions suivantes :

- ✚ Les trois méthodes d'enrichissement de la plantation à *G. dewevrei* à savoir Blanc-étoc, Layon et Martineau présentent-elles la même diversité floristique ?
- ✚ La structure diamétrique des individus de *G. dewevrei* serait-elle la même au sein de trois plantations ?
- ✚ La biomasse produite serait-il fonction de la méthode d'enrichissement utilisée dans les trois plantations ?

0.2. Hypothèse du travail

- ✚ Les plantations à *G. dewevrei* issues de trois méthodes d'enrichissement différentes présentent la même diversité spécifique;
- ✚ La structure diamétrique de *G. dewevrei* est la même au sein de trois plantations;
- ✚ La biomasse produite par les individus de *G. dewevrei* est fonction de la méthode d'enrichissement utilisée.

0.3. Objectifs et intérêt du travail

0.3.1. Objectif général

L'objectif général de cette étude est de comparer la diversité, structure diamétrique et la quantité de la biomasse produite dans la plantation à *G. dewevrei* de l'INERA-Yangambi.

0.3.2. Objectifs spécifiques

- ✚ Comparer la diversité floristique de trois plantations à *G. dewevrei* ;
- ✚ Comparer la structure diamétrique des individus de *G. dewevrei* dans les trois plantations ;
- ✚ Estimer la biomasse produite par *G. dewevrei* dans les trois plantations.

0.3.3. Intérêt du travail

Les résultats obtenus dans ce travail pourront être utilisés pour inscrire les plantations de l'INERA-Yangambi dans le processus de REDD comme puits de carbone. Si possible, les revenus issus du marché carbone permettront offrir au pays et particulièrement à ce centre de recherche des retombés économiques.

CHAPITRE PREMIER : GENERALITES SUR LE MILIEU D'ETUDES

1.1. Milieu d'étude

1.1.1. Situation géographique

La région de Yangambi est un territoire situé à 100 km à l'ouest de la ville de Kisangani, dans la Province de la Tshopo en RDC (De Heinzelin, 1952). Dans ce territoire au temps de la colonie, l'INERA (Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques) a acquis en 1933, par arrêté royal belge de novembre 1933 portant sur sa création, une concession s'étendant environ sur 6297 km² (Drachoussoff et al., 1991).

Selon Beguin (1962), cette concession, à cheval sur le fleuve Congo à Yangambi, s'étend jusqu'aux sources de l'affluent Lobilo au nord, à Yakusu à l'est, longe les affluents Romée et Lobayé au sud, l'affluent Lomami et va jusqu'au-delà de la rivière Lifindo à l'ouest. Elle correspond à une étendue comprise entre: 24°16'95" et 25°08'48" longitude Est, 0°38'77" et 1° 10'20" latitude Nord (c'est-à-dire dans un quadrilatère formé par les méridiens passant à 2 671 440 m et 2 782 750 m longitude Est et les parallèles à 43 010 m et 110 940 m latitude Nord). Notre zone d'intérêt, Yangambi-centre, se situe dans le carré formé par les méridiens à 2 718 610 m et 2 739 370 m de longitude Est et les parallèles 82 640 m et 103 390 m de latitude Nord. Les cadres des cartes des séries de sols de Yangambi-centre portent de repères avec les distances exprimées en mètres dans la suite.

Cette concession se subdivise en trois parties: Yangambi-centre (249 km²), la Localité de Yangambi (487 km²) et les forêts lourdes (5 561 km²). Yangambi-centre comprend le construit (dont une partie concédée à l'Institut Facultaire d'Agronomie de Yangambi, IFA/Yangambi, en 1972), les plantations expérimentales, les forêts entretenues et le jardin botanique.

Un dispositif d'expérimentation sylvicole, basé sur un seul traitement, est installé dans la forêt naturelle aménagée de Yangambi pour étudier l'impact de l'éclaircie sur la dynamique des peuplements de forêt dense sempervirente. Naturellement, une forêt se régénère par elle-même en modifiant très peu son écosystème.

Signalons que cette forêt avait subi le traitement sylvicole depuis 1975 par le centre de recherche de l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique de Yangambi (INEARA, en sigle). Cette forêt couvrait une superficie de 247 ha et que cette dernière est menacée par les activités agricoles ne recouvre plus qu'une superficie de moins de 243 ha.

1.1.2. Climat

En tenant compte du niveau de ses basses eaux en juillet-septembre, la cote du fleuve Congo à Yangambi est d'environ 400 m (De Heinzelin, 1952). Le point kilométrique 0 étant situé à environ 80 m de hauteur par rapport au niveau du fleuve, ses coordonnées géographiques sont: latitude de 91,30 km N, longitude de 2 719,76 km E, altitude de 480 m. Cette dernière peut être arrondie à 500 m au point culminant du plateau Isalowe situé à environ 100 m au-dessus du fleuve.

Yangambi-centre est donc situé dans la zone climatique équatoriale nord de la RDC, entre 0-2° N (De Heinzelin, 1952; Vandenput, 1981), zone influencée par le climat du type Af de Köppen (Bultot, 1972). Nous nous sommes contactés des données climatiques des travaux antérieurs de nos prédécesseurs qui avaient relevé les données de quelques paramètres à la section d'Agro-climatologie de l'INERA au Km5 entre 1986-1990.

1.1.3 Températures

La moyenne maximale annuelle des températures est de 30,3° C, la minimale de 20°C et la moyenne de 25,2°; les trois gammes de températures restent presque constantes toute l'année, ne montrant que de très faibles amplitudes. Leur tendance générale est à la baisse pendant le second semestre de l'année, ce qui confirme que la grande saison sèche se manifeste en début d'année (janvier et février), alors que la petite est à peine esquissée au second semestre (juin et juillet)

1.1.3. Précipitation

Les totaux des moyennes mensuelles des précipitations et du nombre de jours de pluies sont respectivement de 1837 mm et de 180 jours; globalement, il pleut en moyenne une fois tous les deux jours à Yangambi.

Ces deux moyennes augmentent pendant le deuxième semestre de l'année, ce qui indique que la petite saison des pluies se manifeste au premier semestre (mai à juin), la grande au deuxième (août à novembre). Cette répartition est confirmée par la tendance à la baisse des températures

notées pendant le deuxième semestre de l'année. Les plus faibles pluies sont observées en janvier et juillet de chaque année, les plus abondantes en octobre

1.1.4. Humidité relative de l'air (%).

Les moyennes mensuelles globales de l'humidité relative de l'air (%) à Yangambi montrent les mêmes tendances que celles des précipitations: elles augmentent du premier à deuxième semestre de l'année. La moyenne annuelle (Man) est de 81,8 %. Sa plus grande moyenne mensuelle est notée en novembre (85,2 %), la plus petite en février (77,5%).

1.1.5. Les sols

La région de Yangambi a des sols sableux à sablo- argileux et dérivent des matériaux anciens kaolinitiques présentant un profil bien drainé (Kombele, 2004). Le sol de yangambi est dominé par des ferralsols des plateaux qui sont des sables plus grossiers d'origine éolienne avec une teneur en élément fin assez élevés (Alongo, 2007).

Diverses formations végétales peuvent être distinguées dans la région : recrus forestiers, parasoleraies, forêts secondaires remaniées, forêts hétérogènes à caractère primitif (stage ultime progressif de la forêt secondaire), forêts primitives à *Gilbertiodendron dewevrei*, forêts rivulaires et marécageuses (Kabongo wa Tshikamba, 2010).

1.2. Considérations Générales sur l'essence Étudié (Lokombe et al., 2013).

Jadis appelé *Macrolobium dewevrei* De Wild., *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild) J. Léonard, est un arbre sciaphile à feuillage sempervirent de 45 m de hauteur.

Son genre africain appelé Limbali peut être commercialisé en plusieurs taxons dont : *Gilbertiodendron preussii* (De Wild) J. Léonard, *Gilbertiodendron taiense* Aubrév. *Gilbertiodendron brachystegioïdes* J. Léonard, *Gilbertiodendron klainei* J. Léonard.

Ces taxons s'appellent Mbolu (Dialecte Turumbu, Yangambi); Disthipi (Kasaï); Ligudu (Uélé); Limbalu (Maniema, R.D. Congo), Ekoben (Yaoundé, Caméroun), Aben, Abeum à grandes feuilles, Bemba (Libreville, Gabon) ; Molapa (Bangui, R.C.A) ; Vâa (Abidjan, Coté d'Ivoire) ; Sehmeh (Liberia); Ekpagoi eze (Nigeria) ; Mbombi (Sierra Leone) ; (Lokombe, 2013 et al.). C'est un arbre de grande taille pouvant atteindre 30 à 45 m de hauteur. La base du fût ne comporte pas des contreforts, ni empâtements, parfois seulement un léger épaissement à la base du tronc.

Fût : droit ; cylindrique parfois épaissi à la base et 2 m de diamètre avec un diamètre minimum d'exploitation (DME) de 60 cm (figure 1)

Port : arbre à feuilles sempervirentes, atteint 45 m de haut, cime en dôme ; en large, dense, à grosses branches tortueuses, à feuillage dense vert foncé avec des folioles pendantes rouges.

Feuillage : paripennée, alternes, à stipules persistants lancéolés. Pétioles et rachis long de 2-15 cm, droit et épais. Environ 3 paires de folioles opposées à nervure primaire saillantes sur les deux faces.

Limbe asymétrique long de 30-50cm et 15-20 cm de large.

Écorce : brune et rugueuse se desquamant en feuilles papyracées.

Fleur hermaphrodite, assez grande rougeâtre à 3 étamines développées.

Fruit : gousses obliquement oblongues, plates de 15-30 cm sur 6 à 9 cm, brunâtres et contiennent quelques graines plates, carrées ou circulaires de 4-5 cm de diamètre.

Bois : Couleur de référence : bois brun-rouge avec des nuances verdâtres ou cuivrée.

Grume : Diamètre : de 60 à 100. Épaisseur de l'aubier : de 5 à 10 cm. Conservation en forêt : moyenne (Traitement recommandé).



Figure 3 : Pied de *G. dewevrei* (source : Fidèle SUNGA, 2015)

Dans le bassin du Congo, c'est une essence à tempérament grégaire rencontrée sur les pentes des vallées et les bordures des ruisseaux, formations forestières riveraines périodiquement inondées ou marécageuses (sporadique) et qui forme des peuplements extensifs et dans certains cas pratiquement monophytiques (Lokombe et al., 2013) s'installent sur des stations sableuses à faible économie en eau utile, voire sol rejeté de toute culture. Ses associations, quasi pures couvrent des milliers de km² du Nord de la cuvette du Congo, depuis le Cameroun, le Nord Est du Gabon, au Congo septentrional, le sud-ouest forestier de la R.C.A, en Angola.

En RDC, son aire générale est comme suit :

- Au Nord : sa limite se confond avec celle de forêts équatoriales, région de l'Uélé, Est de Kisangani ;
- A l'Est, elle est tangente à Irumu et Béni (Centre Réserve faune à Okapi), mais ne dépasse pas 1000 mètres d'altitude ;
- A l'Ouest, suit le cours de l'Ubangi puis le fleuve Congo, jusqu'en aval de Kinshasa ;
- Au Sud, elle déborde la forêt équatoriale dans le Muhulus du Shaba et en bouquets dans les endroits des forêts tropicales du Kasai. (Kasongo, Lusambo, et Kananga) (Banza, 1996).

1.3. bref aperçu sur les plantations forestières de l'INERA / yangambi

Les arboretum a été enrichi selon la méthode de Layon, de Blanc étoc et de Martineau et furent exécutés entre 1938- 1942, selon les normes sylvicoles de Dupuy (1998). L'inventaire à plein ont révélé que l'enrichissement en layon qui compte 103 tiges sur 1ha (10 x 2 m) jadis installés selon les prescriptions sylvicoles de l'Aubreville en Coté d'Ivoire (1932-1939), la méthode Martineau avec 136 tiges sur 0,25 ha (2 m x 2 m) et enfin la méthode de Blanc étoc avec 131 tiges sur 0,36 ha (5 x 3 m), divisés en blocs de A à J dont chacun est subdivisé en parcelles. En général, les soins culturels apportés furent effectués en suivant un cycle normal ; c'est-à-dire des éclaircies du dôme et des dégagements au sol deux fois par an tout le 6 mois jusqu'en 1945 : une fois sur 5 m de large, une autre fois sur 2 m ; pour finir par être arrêtés et être abandonnées à 11 ans vers 1960. (Rapports Annuels de la Division forestière de l'I.N.E.A.C, 1949 à 1960).

De cette période à nos jours, les plants ont subi une sélection naturelle et s'observe un fait de recrutement des nouvelles tiges (tableau 1)

Tableau 1. Description de différentes plantations d'études (Source : D.A Ebuy, 2009)

Méthode	Date de plantation	N° de parcelles	Superficie (m ²)	Ecartement(m)
Martineau	10 sept 1939	20 C	2500	2 m x 2 m
Layon	26 sept 1939	4 A	10000	10 m x 2 m
Blanc étoc	10 nov. 1947	10 B	3600	3 m x 5 m

A. La méthode de layon

Il s'agit d'une méthode qui consiste à ouvrir dans la forêt des layons parallèles et équidistants et à y introduire, à intervalles réguliers, des plants d'essences commerciales prélevés des pépinières. L'objectif est de faire bénéficier ceux-ci d'un surcroît de lumière tout en les maintenant dans l'ambiance forestière en éliminant toute végétation sur une largeur de 2 m.

B. La méthode de Blanc-étoc

Cette méthode consiste à une modification radicale du peuplement hétérogène en peuplement homogène. Elle nécessite l'élimination complète de la forêt initiale et la plantation des essences précieuses à faible écartement.

La méthode présente d'excellents résultats au point de vue croissance avec les essences robustes, de bonne valeur technologique. Le choix opéré pour cette méthode est fonction de la densité des espèces, de la superficie occupée par celle-ci et de la forme de parcelle.

C. La Méthode Martineau

Il s'agit plus d'une plantation serrée sous forêt. C'est une introduction prudente d'essences nobles sous un couvert détruit progressivement. C'est une des premières méthodes de plantation en plein pour la forêt dense tropicale africaine, destinée à remplacer la forêt hétérogène par un peuplement équienne d'espèces commerciales. Le but de la méthode est de remplacer totalement le peuplement hétérogène par un peuplement régulier par plantation serrée sous le couvert. La technique consiste à introduire par hectare 2500 plants d'essence commerciale sous la forêt naturelle préalablement débarrassée du sous-bois (Ebuy, 2009).

CHAPITRE DEUXIEME : MATERIELS ET METHODE

2.1. La collecte des données

La collecte des données avait nécessité :

- ✍ Un mètre ruban pour les mesures de circonférence ou de DHP ;
- ✍ La peinture pour matérialiser le niveau de DHP ; et pour numéroter les arbres.
- ✍ Une perche de 1,30 m pour indiquer le niveau de DHP ;
- ✍ Les fiches de pointage pour la prise des données.

Après la délimitation de zones de bordure, nous avons procédé à l'inventaire de tous les arbres de diamètre ≥ 10 cm pour lesquels nous avons pris les mesures de dhp à 1,30 m du sol dans les plantations enrichies selon la méthode de Layon, de Blanc étoc et de Martineau.

Chacune des plantations d'étude avait une superficie respectivement de:

- ➡ Martineau : 50 m x 50 m soit (0,25 ha) ;
- ➡ Blanc étoc : 60 m x 60 m soit (0,36 ha) ;
- ➡ Layon : 100x 100m soit (1 ha).

2.2.1. Analyse quantitative de données

2.2.1.1. Densité ou abondance relative d'une espèce ou d'une famille

La densité relative d'une espèce ou d'une famille est le nombre d'individus d'une espèce ou d'une famille sur le nombre total d'individus de différentes espèces ou familles dans l'échantillon multiplié par 100. Elle s'exprime en pourcentage (%) (Lomba, 2007 ; Nshimba, 2008 ; Lisingo, 2009).

$$\text{Densité relative d'une espèce ou famille} = \frac{ne}{N} \times 100$$

Où ne : nombre d'individus d'une espèce ou d'une famille et

N : le nombre d'individus de différentes espèces ou familles dans l'échantillon.

2.2.1.2. La surface terrière

Pour un arbre, la surface terrière est la section du tronc mesurée à 1,30 m du sol. Elle s'exprime en m²/ha, c'est-à-dire qu'elle doit être ramenée à l'hectare pour une espèce quelconque par exemple dans un peuplement. Elle se calcule par la formule droite ci-dessous :

$$\text{Surface terrière} = \frac{n\pi D^2}{4} \text{ (Nshimba, 2008)}$$

Où D = diamètre, n = nombre de troncs (nombre total de troncs par ha) et $\pi = 3,14$

2.2.1.3. Dominance relative d'une espèce ou d'une famille

Elle se calcule par la proportion de la surface terrière d'une espèce ou d'une famille par rapport à la surface terrière globale. Elle s'exprime en pourcentage (Lomba, 2007 ; Nshimba, 2008 ; Lisingo, 2009).

$$\text{Dominance relative d'une espèce ou d'une famille} = \frac{ST \text{ d'une espèce ou d'une famille}}{ST \text{ d'une espèce ou d'une famille}}$$

Où ST : surface terrière et sp : espèce

2.2.1.4. Indice de diversité

a) Indice de Simpson (S)

C'est la probabilité que deux individus appartiennent à la même espèce dans une communauté de taille Ni. Par conséquent, la contribution relative des espèces rares est presque insignifiante. Cet indice se base sur la fréquence des individus élevée au carré (Lisingo, 2009).

$$S = \frac{N}{(N-1)(1-\sum p_i^2)}$$

Où p_i est la fréquence de l'espèce i dans l'échantillon

b) Indice de Shannon – Weaver (ISH)

Indice de diversité de Shannon-Weaver mesure la quantité moyenne d'information donnée par l'indication de l'espèce d'un individu de la collection. Cette moyenne est calculée à partir des proportions d'espèces qu'on a recensé (Nshimba, 2008 ; Lisingo, 2009). Il est calculé par la formule suivante :

$$H = - \sum_{i=1}^s f_i \ln f_i$$

Où $F_i = n_i/N$ avec n_i compris entre 0 et N ; f_i est compris entre 0 et N ; N = Effectif total,

« ... peuplement, un peuplement, une communauté ou une écosystème, rapportée à l'unité de surface et exprimée en matière sèche » (Brown, 1997).

Selon les études de Brown (1997) et pour la plupart des forêts ou formations végétales, le diamètre minimum à partir duquel les arbres sont pris en compte dans l'estimation de la biomasse est fixé à 10 cm. Cependant la prise de hauteurs des arbres reste facultative (Brown,

n_i = effectif de l'espèce dans l'échantillon et S = nombre d'espèces dans l'échantillon. L'indice de Shannon est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité de Pielou, appelé également indice d'équirépartition qui représente le rapport maximal théorique dans le peuplement (H_{max}) (Blondel, 1979 cité par Nsimba, 2008).

c) Indice d'équitabilité de Pielou (EQ)

Selon Frontier et al. (1993) cité par Nshimba (2008), cet indice est défini par la formule :

$$R = \frac{H}{H_{max}}$$

R = régularité (= équitabilité) varie de 0 à 1 ; H = indice de Shannon-Weaver ; diversité spécifique observé » ; $H_{max} = \text{Log}_2 S$: Diversité spécifique maximale et S = nombre total d'espèces.

La régularité d'un échantillon est le rapport de sa diversité à la diversité maximale pouvant être obtenue avec le même nombre de taxons.

2.2.1.5. Calcul du volume

Le volume des espèces ont été calculé grâce au tarif de cubage élaboré par le SPIAF (1981), l'actuel DIAF (Direction d'Inventaire et d'Aménagement Forestier) du Ministère de l'Environnement de la RDC. Pour cette étude nous avons utilisés les équations qui sont disponibles sous la forme :

$$V = a D^b$$

$V = aD^b$ où V est le volume en m^3 , D représente le DHP mesuré à 1,30 m, a et b sont des coefficients de régression (SPIAF, 1981)

2.2.1.6. Calcul de la biomasse

La biomasse est généralement définie comme étant « la masse de matière vivante produite par une population, un peuplement, une communauté ou une biocénose, rapportée à l'unité de surface et exprimée en matière sèche » (Brown, 1997).

Selon les études de Brown (1997) et pour la plupart des forêts ou formations végétales, le diamètre minimum à partir duquel les arbres sont pris en compte dans l'estimation de la biomasse est fixé à 10 cm. Cependant la prise de hauteurs des arbres reste facultative (Brown,

1997). La biomasse d'un arbre signifie le poids ou la masse de son tissu vivant de la plante et elle est généralement exprimée en unités de tonnes métriques (t).

La revue la plus exhaustive à l'heure actuelle des modèles applicables aux forêts tropicales et des données disponibles pour paramétrer ces modèles a été réalisée par Chave et al. (2005).

$$AGB = \rho \times \exp(-1.239 + 1980 \ln(D) + 0.207(\ln(D))^2 - 0.0281(\ln(D))^3) \text{ (Chave et al. 2005).}$$

Où ρ désigne la densité.

2.2.2. Traitement des données

Toutes les données ont été saisies dans le tableur Excel 2007 où la surface terrière, la moyenne et les écarts-types ont été calculés. Le logiciel **Past**, nous a permis de calculer les indices de diversité tandis que le logiciel **R** a permis de calculer le test d'ANOVA utilisé pour comparer la surface terrière, la biomasse et le volume entre les trois plantations. Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (KW) a servi pour comparer dhp moyen des individus de *G. dewevrei* entre les trois plantations et enfin, le test de Khi-carré (χ^2) est utilisé pour comparer des structures diamétrique entre les trois plantations.

CHAPITRE TROISIEME : PRESENTATION DE RESULTATS

3.1. Etude floristique

3.1.1. Diversité floristique

Au total, 395 individus à $dhp \geq 10$ cm ont été inventoriés pour l'ensemble de 3 méthodes plantations dont : 106 individus groupés à 4 espèces dans la plantation enrichie selon la méthode de Layon, 141 individus groupés à 13 espèces dans la plantation enrichie selon la méthode de Blanc-étoc et 148 individus groupés à 5 espèces dans la plantation enrichie selon de Martineau (Tableau 1).

En comparant les trois méthodes sur le plan d'indice de diversité floristique en utilisant l'indice de Simpson 1-D, Shannon H et de Equitability J, nous remarquons que la méthode de Blanc étoc présente une diversité floristique la plus élevée suivi de la méthode de Martineau et la méthode de layon arrive en dernière position.

Tableau 1 : Diversité floristique de trois plantations à *G. dewevrei*

	Layon	Blanc-étoc	Martineau
Nombre d'espèces	4	13	5
Nombre d'individus	106	141	148
Simpson_1-D	0,07351	0,2129	0,09167
Shannon_H	0,1999	0,629	0,2509
Equitability_J	0,1442	0,2452	0,1559

3.1.2. Structure diamétrique

Les individus de différentes espèces inventoriés dans la plantation enrichie selon la méthode de Layon présente une structure en « cloche » tandis que ceux des méthodes de Blanc-étoc et Martineau présentent une structure en « S étiré » (Figure 1). En utilisant le test de Khi carré pour comparer la structure diamétrique de trois plantations, on constate qu'il y a une différence très hautement significative ($\chi^2 = 108,8$; $dl = 8$ et $p < 2.2e-16$).

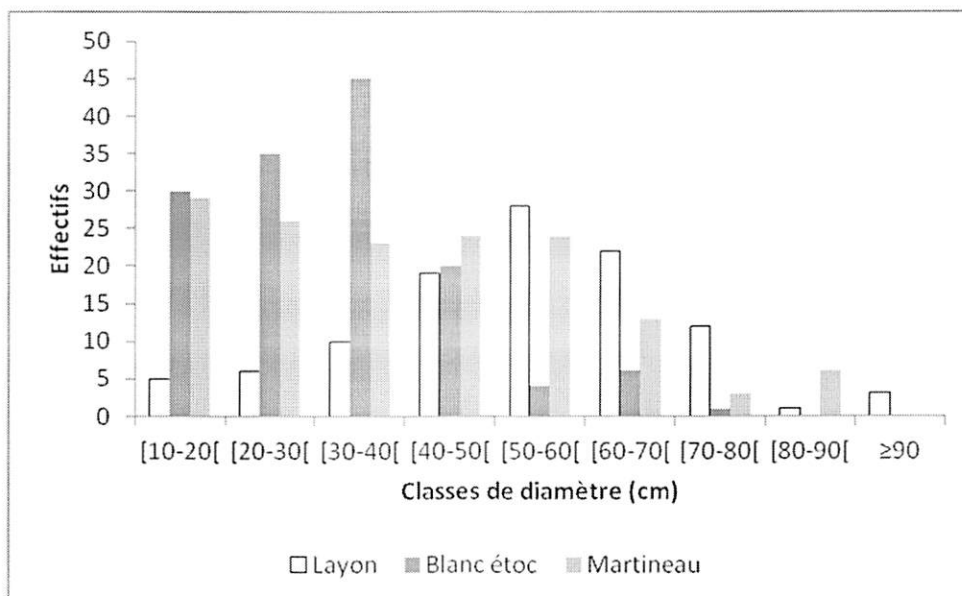


Figure 2 : Structure diamétrique des individus de différentes espèces inventoriées dans la plantation enrichie selon les trois méthodes (Layon, Blanc étoc et Martineau)

3.1.3. Surface terrière

Le tableau 2 représente les surfaces terrières des individus de différentes espèces inventoriées au sein de trois plantations.

Tableau 2 : Surface terrière des individus inventoriés au sein de trois plantations

Légende : LA (Layon) ; BE (Blanc-étoc) et MA (Martineau)

	ST (m ² /ha) La	ST (m ² /ha) Be	ST (m ² /ha) Ma
Total	25,9945	36,4392	90,7088
Moyenne	2,8883	4,0488	10,0788
Ecart-type	2,7219	4,0618	7,7882

Le tableau 2 montre que, la surface terrière la plus élevée est observée dans la méthode Martineau avec 90,7088 m²/ha (10,0788 ± 7,7882 m²/ha) suivie de celle de Blanc-étoc avec 36,4392 m²/ha (4,0488 ± 4,0618 m²/ha) et enfin, la méthode de Layon avec 25,9945 m²/ha (2,8883 ± 2,7219 m²/ha).

La figure 3 montre que, dans l'ensemble, 50 % des individus de différentes espèces inventoriées en fonction des classes de diamètre ont la surface terrière comprise entre 2 à 6 m²/ha au sein de la méthode de Blanc-étoc; ceux de la méthode de layon entre 1 à 4,8 m²/ha et enfin, ceux de la méthode de Martineau entre 5 à 14 m²/ha. En utilisant le test d'ANOVA pour comparer la surface terrière au sein des trois plantations, on constate qu'il y a une différence hautement significative (F= 4,8 ; dl = 2 et p = 0,01818 *)

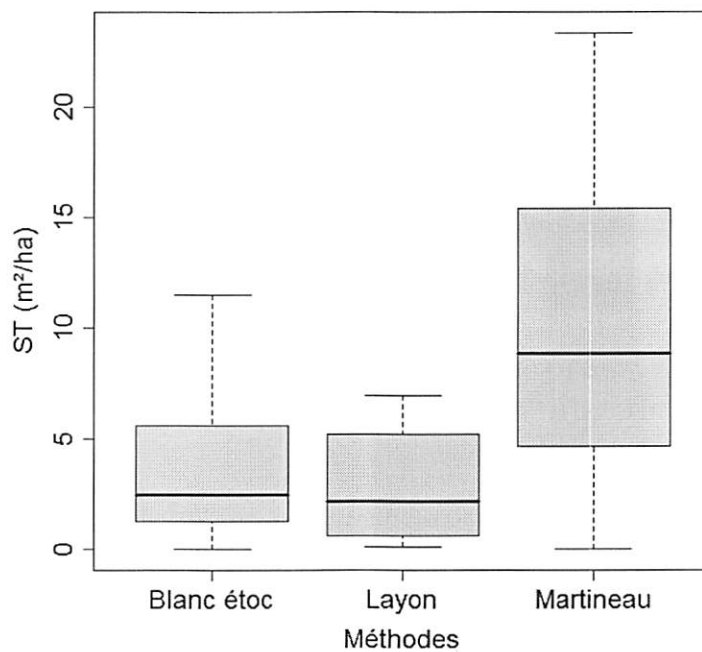


Figure 3. Dispersion des valeurs des surfaces terrières des individus inventoriées dans les plantations enrichies selon les trois méthodes. La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50% des surfaces terrières et la barre épaisse à l'intérieur de la boîte indique la surface terrière moyenne, la barre basse indique la surface terrière minimale et la barre haute indique la surface terrière maximale.

3.1.4. Abondance et dominance des taxons

3.1.4.1. Abondance des espèces

A. Méthode de Layon

Dans la plantation enrichie selon la méthode de Layon, les espèces abondantes sont illustrées sur la figure 4

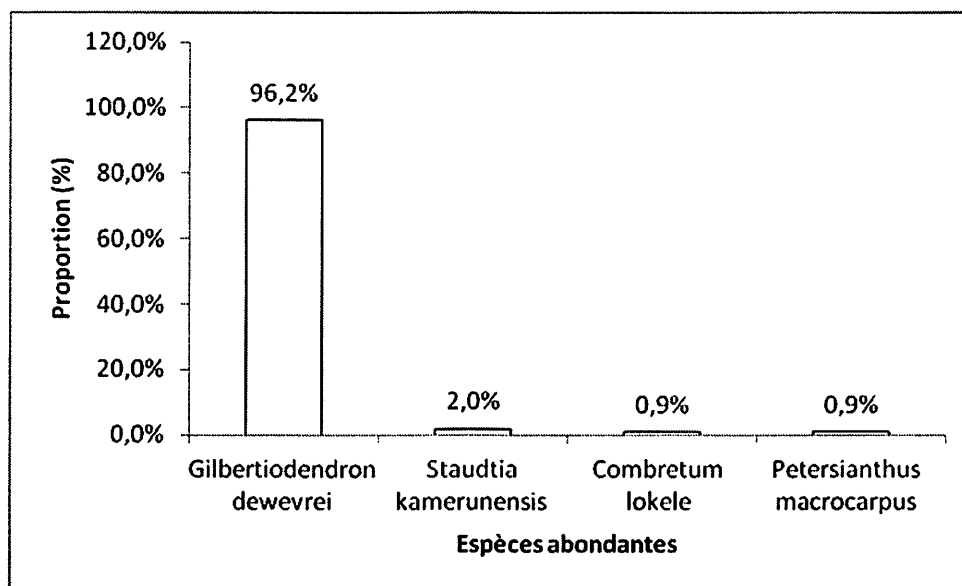


Figure 4 : Espèces abondantes de la méthode de Layon

Il ressort de la figure 4 que *G. dewevrei* est abondante avec une proportion 96,2 % suivi de *Staudtia kamerunensis* avec 2,0 % et en dernière position vient *Combretum lokele* et *Petersianthus macrocarpus* avec 0,9 % chacune.

B. Méthode de Blanc-étoc

Dans la plantation enrichie selon la méthode de Blanc-étoc, les espèces abondantes inventoriées sont illustrées sur la figure 5

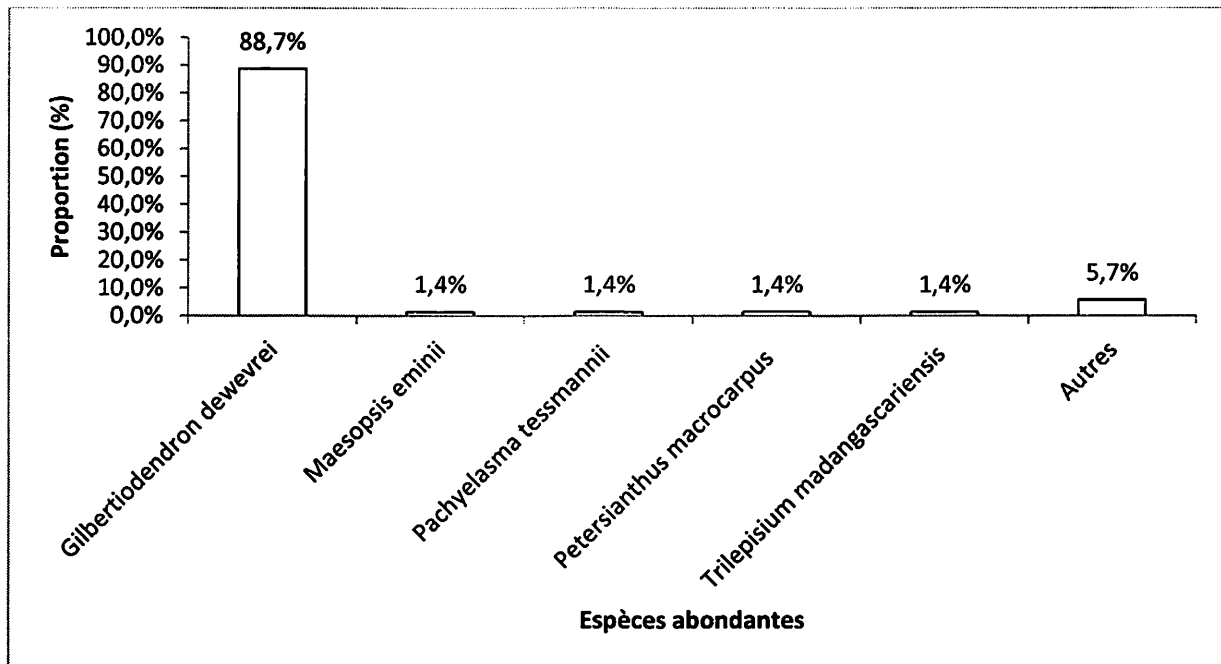


Figure 5 : Espèces abondantes de la méthode de Blanc-étoc

Il se dégage de la figure 5 que, l'espèce abondante est *G. dewevrei* avec une proportion de 86,7% suivie de *Maesopsis eminii*, *Pachyelasma tessmannii*, *Petersianthus macrocarpus* et *Trilepisium madagascariensis* avec chacune 1,4 % tandis que les autres espèces représentent 5,7 % de l'ensemble.

C. Méthode de Martineau

Dans la plantation enrichie selon la méthode de Martineau, les espèces abondantes sont illustrées sur la figure 6

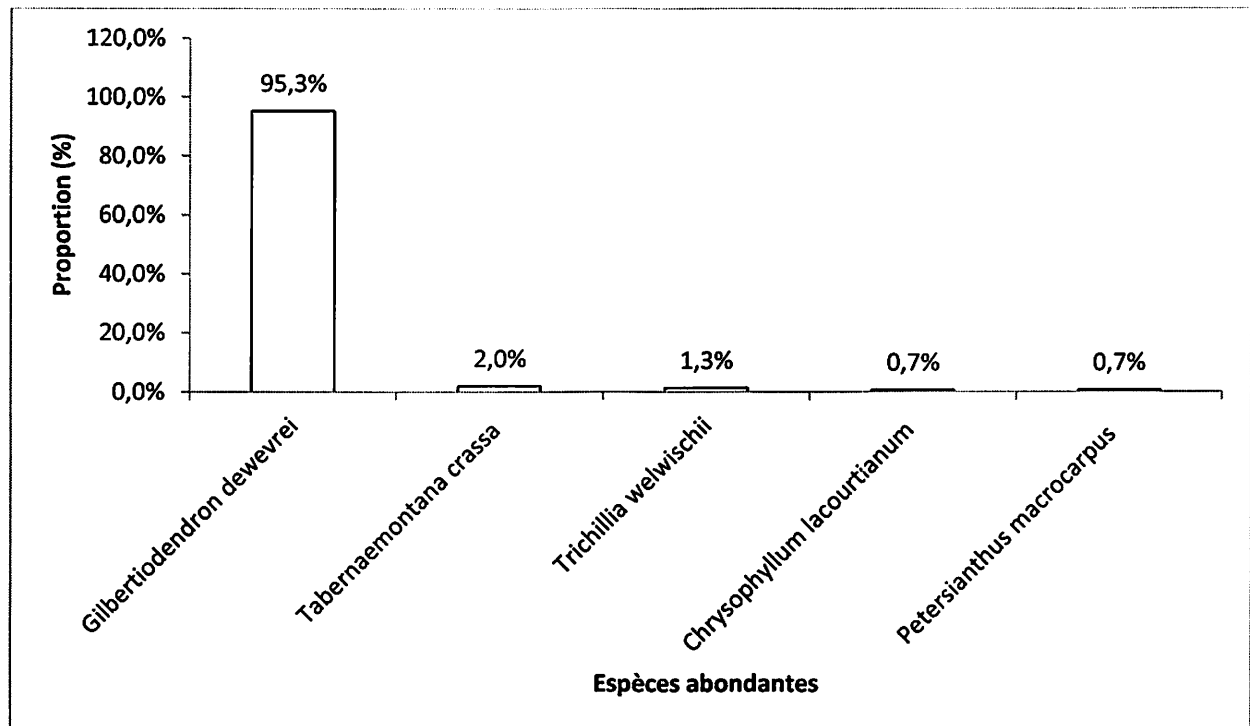


Figure 6 : Espèces abondantes de la méthode de Martineau

Comme pour les deux autres méthodes citées ci-haut, nous remarquons que l'espèce *G. dewevrei* est abondante avec 95,3% suivie de *Tabernaemontana crassa* (2,0%) et en dernière position viennent *Chrysophyllum lacourtianum* et *Petersianthus macrocarpus* avec chacune 0,7%.

3.1.4.2 Dominance des espèces

A. Méthode de Layon

Dans la plantation enrichie selon la méthode de Layon, les espèces abondantes sont illustrées sur la figure 7

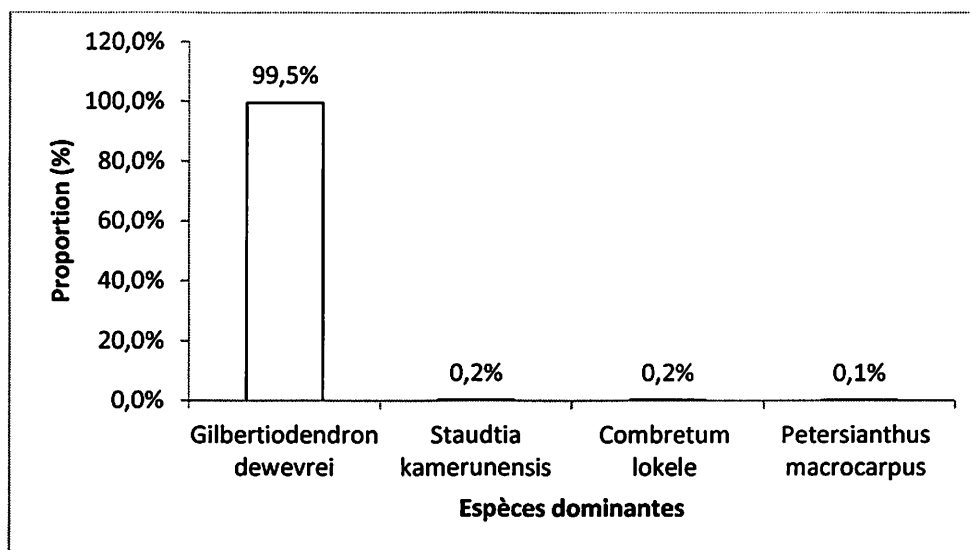


Figure 7 : Espèces dominantes de la méthode de Layon

Il ressort de la figure 7 que, *G. dewevrei* est dominante avec une proportion de 99,5% suivi de *Staudtia kamerunensis* et *Combretum lokele* (0,2% chacune) et enfin, *Petersianthus macrocarpus* avec 0,1%.

B. Méthode de Blanc-étoc

Dans la plantation enrichie selon la méthode de Blanc-étoc, les espèces abondantes sont illustrées sur la figure 8

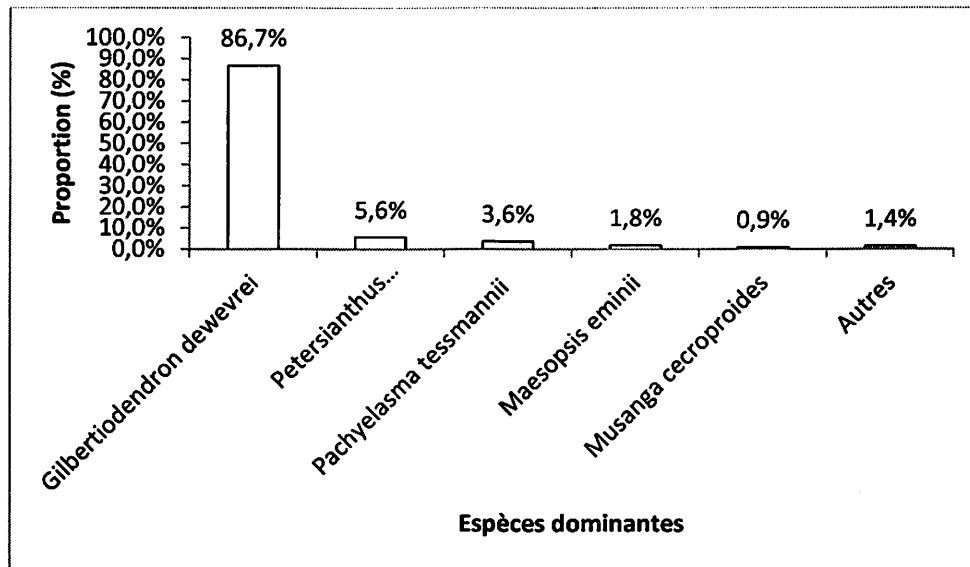


Figure 8 : Espèces dominantes dans la plantation enrichie selon la méthode de Blanc-étoc

La figure 8 illustre que, l'espèce *G. dewevrei* domine avec 86,7% suivie de *Petersianthus macrocarpus* (5,6 %), *Pachyelasma tessmannii* (3,6%), *Maesopsis emini* (1,8 %) et enfin, *Musanga cercropioides* (0,9 %). Tandis que les autres espèces représentent 1,4 % de l'ensemble.

C. Méthode de Martineau

Les espèces dominantes dans la plantation enrichie selon la méthode de Martineau sont illustrées sur la figure 9

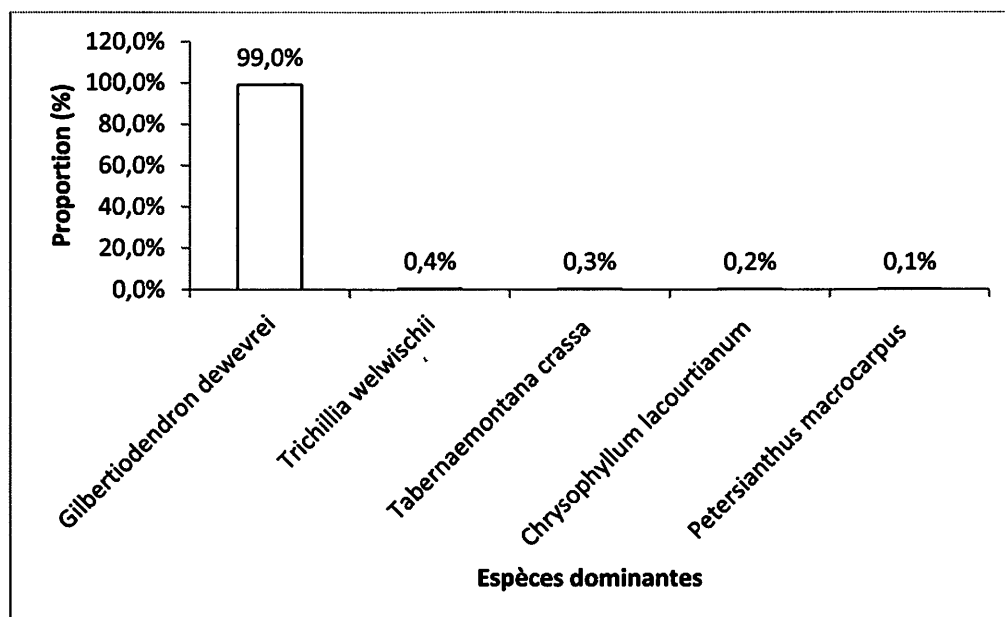


Figure 9: Espèces dominantes dans la plantation enrichie selon la méthode de Martineau.

Il ressort de la figure 10 que, *G. dewevrei* est dominant avec une proportion de 99,0 % suivi de *Trichillia welwischii* (0,4 %) et en dernière position vient *Petersianthus macrocarpus* (0,1%)

3.1.5. Abondance et dominance des familles

A. Méthode de Layon

Dans la plantation enrichie selon la méthode de Layon, les familles abondantes sont illustrées sur la figure 10

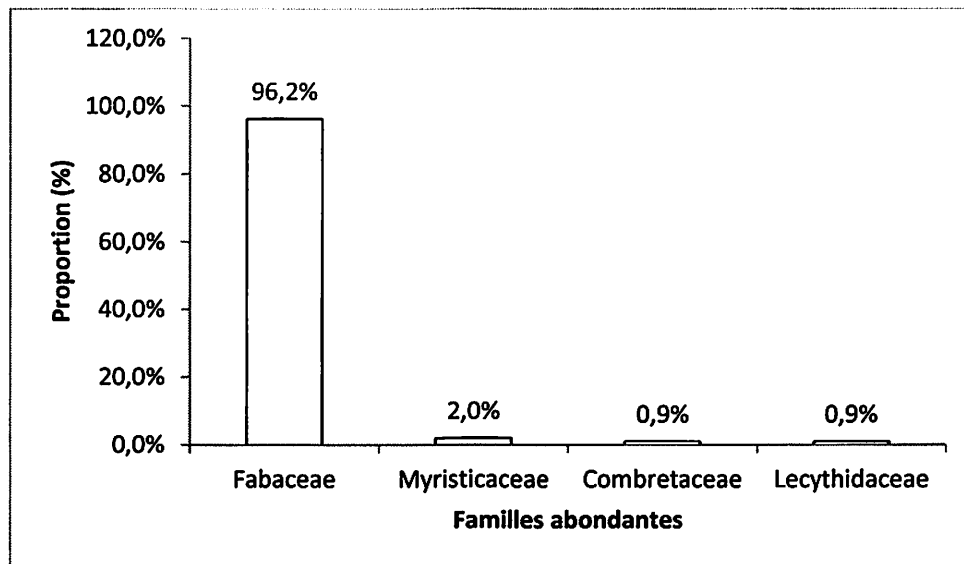


Figure 10 : Familles abondantes dans la plantation enrichie selon de Layon.

Il ressort de la figure 10 que, la famille de *Fabaceae* est abondante avec une proportion de 96,2 % suivie de *Myristicaceae* (2,0 %) et les familles *Combretaceae* et *Lecythidaceae* viennent en dernière position avec chacune 0,9 %.

B. Méthode de Blanc-étoc

Dans la plantation enrichie selon la méthode de Blanc-étoc, les familles abondantes sont illustrées sur la figure 11

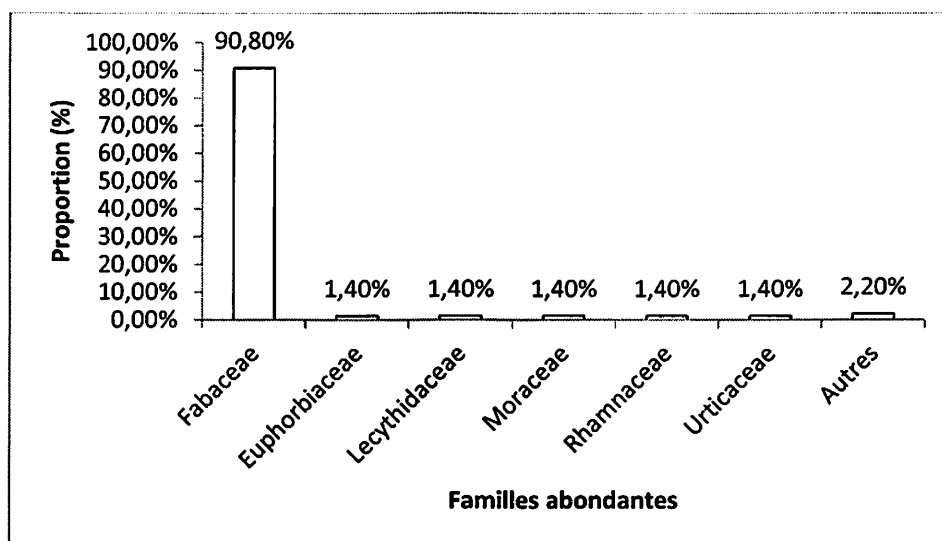


Figure 11 : Familles abondantes dans la plantation enrichie selon la méthode de Blanc-étoc.

La lecture de la figure 11 montre que, la famille des *Fabaceae* est la plus abondante avec une proportion de 90,80 % suivie des *Euphorbiaceae*, *Lecythidaceae*, *Moraceae*, *Rhamnaceae* et *Urticaceae* (1,4% chacune) tandis que les autres familles représentent 2,2%.

C. Méthode de Martineau

Dans la plantation enrichie selon la méthode de Martineau, les familles abondantes sont illustrées sur la figure 12

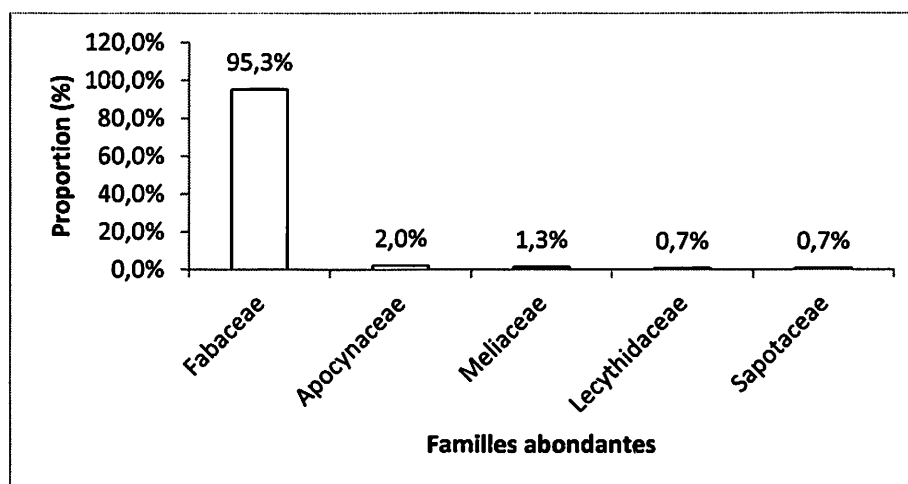


Figure 12 : Familles abondantes dans la plantation enrichie selon la méthode de Martineau.

Il ressort de la figure 12 que, la famille des *Fabaceae* est la plus abondante avec une proportion de 95,3% suivie des *Apocynaceae* (2,0 %) et en dernière position vient les familles des *Lecythidaceae* et *Sapotaceae* avec chacune 0,7 %.

3.1.6. Dominance des familles

A. Méthode de Layon

Dans la plantation enrichie selon la méthode de Layon, les familles dominantes sont illustrées sur la figure 13

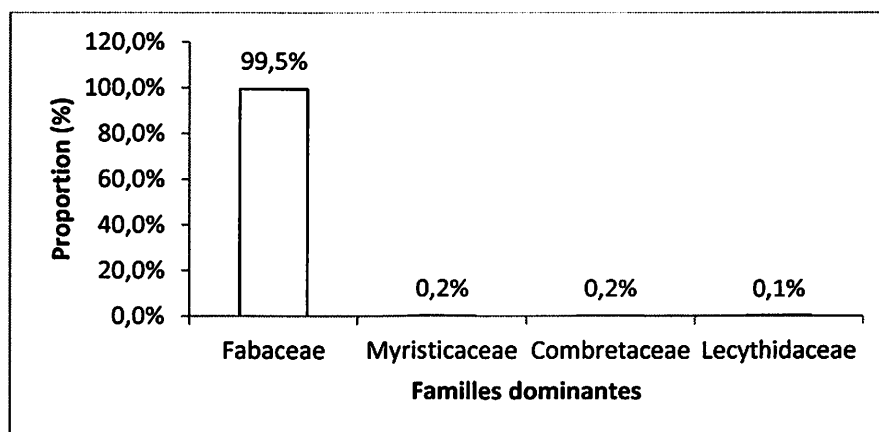


Figure 13 : Familles dominantes dans la plantation enrichie selon la méthode de Layon.

Il se dégage de la figure 13 que, la famille des *Fabaceae* est la plus dominante avec une proportion de 99,5 % suivie des *Myristicaceae* et *Combretaceae* avec chacune 0,2 % et la famille de *Lecythidaceae* occupe la dernière position avec 0,1 %.

B. Méthode de Blanc-étoc

Dans la plantation enrichie selon la méthode de Blanc-étoc, les familles dominantes sont illustrées sur la figure 14

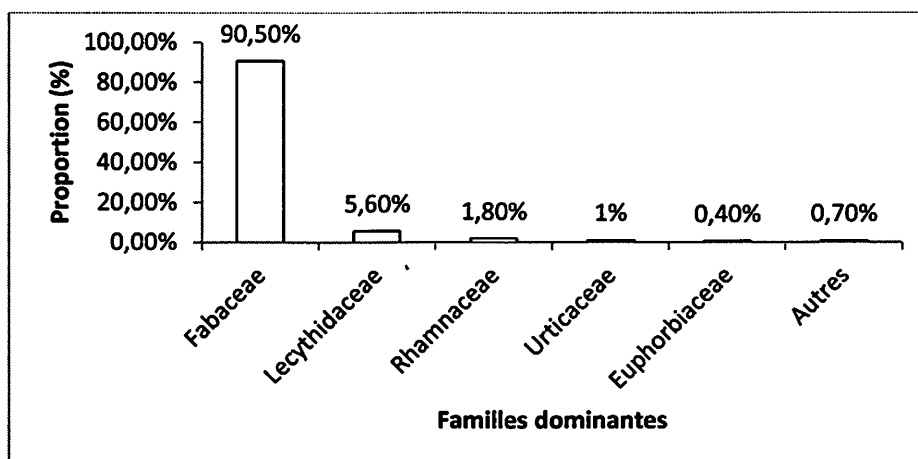


Figure 14 : Familles dominantes dans la plantation enrichie selon la méthode de Blanc-étoc.

Il ressort de la figure 14 que, la famille des *Fabaceae* est la plus dominante avec une proportion de 90,50 % suivie des *Lecythidaceae* (1,8%), *Rhamnaceae* (1,8%), *Urticaceae* (1%) et enfin, des *Euphorbiaceae* (0,4%). Tandis que les autres espèces représentent 0,7% de l'ensemble.

C. Méthode de Martineau

Les familles dominantes dans la plantation enrichie selon la méthode de Martineau sont représentées sur la figure 15.

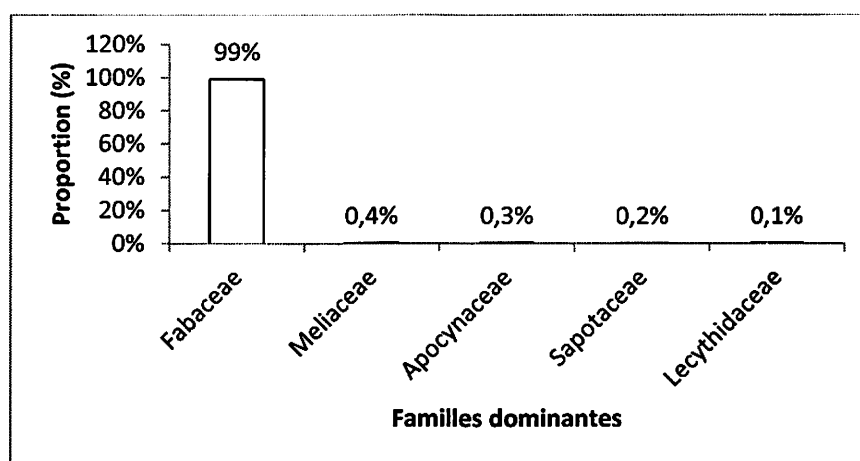


Figure 15 : Familles dominantes dans la plantation enrichie selon la méthode de Martineau.

Il ressort de la figure 15 que, la famille des *Fabaceae* est la plus dominante avec 99% suivie des *Meliaceae* et la famille de *Lecythidaceae* occupe la dernière position avec 0,1%.

3.2. Structure, biomasse et volume sur pieds de *G. dewevrei* au sein de trois méthodes

3.2.1. Densité et surface terrière

3.2.1.1. Densité

Dans la plantation enrichie selon les trois méthodes, la densité de *G. dewevrei* est illustrée dans le tableau 2

Tableau 2 : Densité de *G. dewevrei* dans la plantation enrichie selon les trois méthodes

Superficie	0,36 ha	0,25 ha	1 ha
Layon	-	-	102
Blanc-étoc	141	-	392
Martineau	-	148	592

Il ressort du tableau 2 que, la méthode de Martineau présente une densité plus élevée avec 592 tiges/ha suivie de Blanc-étoc avec 392 tiges/ha et enfin, de Layon arrive avec 102 tiges/ha.

3.2.1.2. Surface terrière

Dans la plantation enrichie selon les trois méthodes, la surface terrière des individus de *G. dewevrei* est présentée dans le tableau 3

Tableau 3 : Surface terrière des individus de *G. dewevrei* au sein de trois plantations

Légende LA : Layon ; BE : Blanc-étoc et MA : Martineau

	ST (m ² /ha) LA	ST (m ² /ha) BE	ST (m ² /ha) MA
Total	25,8708	36,4392	89,7800
Moyenne	2,8745	4,0488	9,9756
Ecart-type	2,7373	4,0618	7,8823

La lecture du tableau 3 que, la méthode de Martineau présente une surface terrière plus élevée avec 89,7800 m²/ha (9,9756 ± 7,8823 m²/ha) suivie de Blanc étoc avec 36,4392 m²/ha (4,0488 ± 4,0618 m²/ha) et enfin, la méthode de Layon avec 25,8708 m²/ha (2,8745 ± 2,7373 m²/ha). En comparant les trois valeurs de la surface terrière au sein de trois plantations, on constate qu'il y a une différence significative (F = 4,5 ; dl= 2 et p-value = 0,02123 *)

3.2.2. Diamètre moyen et structure diamétrique des individus de *G. dewevrei*

3.2.2.1. Diamètre moyen

Les diamètres moyens des individus de *G. dewevrei* sont illustrés sur la figure 16

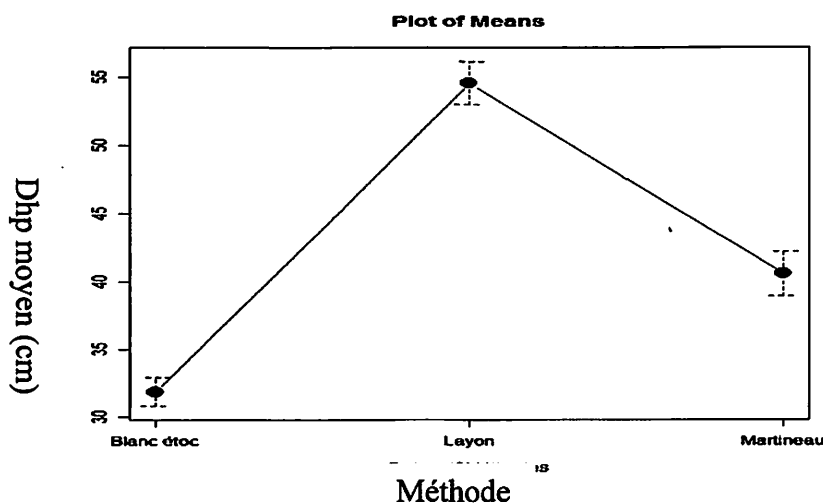


Figure 16 : Diamètre moyen des individus de *G. dewevrei* au sein de trois méthodes.

La figure 16 montre que, le dhp moyen le plus élevé est observé dans la méthode de Layon suivie de celle de Martineau et enfin, la méthode de Blanc-étoc. En comparant les valeurs de diamètre moyen, nous constatons qu'il y a une différence hautement significative entre les trois méthodes (KW = 87,8; dl = 2 et $p < 2.2e-16$)

3.2.2.2. Structure diamétrique

Les individus de *G. dewevrei* dans la méthode de Layon présente une structure en « cloche » tandis que ceux de la méthode de Martineau et Blanc-étoc présentent une structure en « S étiré » (Figure 17). En utilisant le test de Khi carré pour comparer la structure diamétrique de trois plantations, on constate qu'il y a une différence très hautement significative ($\chi^2 = 102,7$; dl = 6 et $p < 2.2e-16$)

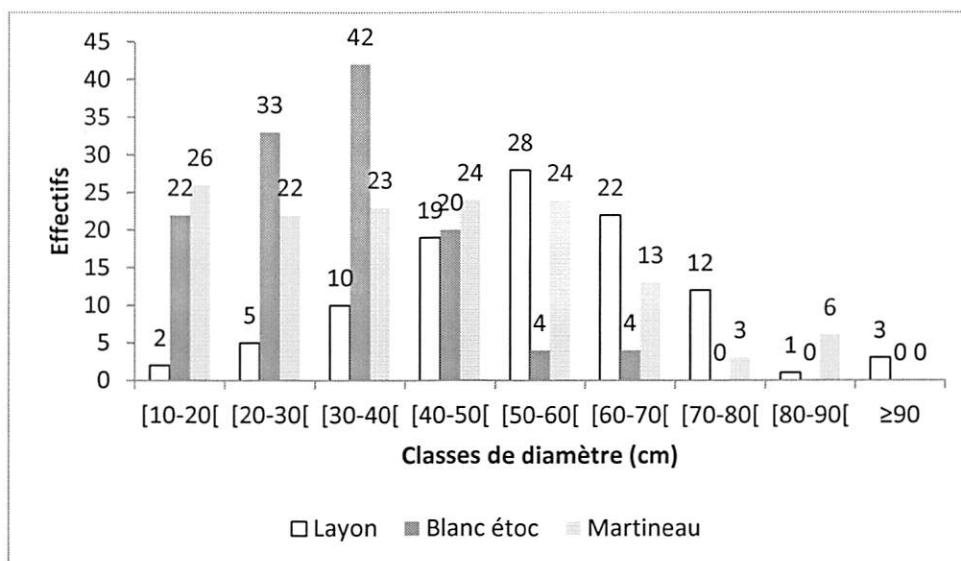


Figure 17 : Structure diamétrique de *G. dewevrei* au sein de trois méthodes.

3.2.2. Biomasse produite et carbone séquestré

Les valeurs de la biomasse produite et du carbone séquestré par des individus de *G. dewevrei* dans les plantations enrichies selon les trois méthodes sont présentées dans le tableau 4.

Légende LA : Layon ; BE : Blanc-étoc et MA : Martineau

	BM (t/ha) LA	CB (t/ha) LA	BM (t/ha) BE	CB (t/ha) BE	BM (t/ha) MA	CB(t/ha) MA
Total	450,2289	225,1144	440,9425	220,4712	1481,2649	740,6324
Moyenne	4,4140	2,2070	3,5275	1,7638	10,5054	5,2527
Ecart-type	2,9543	1,4772	3,3460	1,6730	10,9860	5,4930

Il ressort du tableau 4 que, les valeurs de la biomasse produite et du carbone séquestré les plus élevées sont observées dans la méthode de Martineau avec 1481,2649 t/ha ($10,5054 \pm 10,9860$ t/ha) pour la biomasse et 740,6324 t/ha ($5,2527 \pm 5,4930$ t/ha) pour le carbone suivies de la méthode de Layon avec 450,2289 t/ha ($4,4140 \pm 2,9543$ t/ha) pour la biomasse et 225,1144 t/ha ($2,2070 \pm 1,4772$ t/ha) pour le carbone et enfin, la méthode de Blanc-étoc avec 440,9425 t/ha ($3,5275 \pm 3,3460$ t/ha) pour la biomasse et 220,4712 t/ha ($1,7638 \pm 1,6730$ t/ha) pour le carbone. En comparant les trois valeurs de la biomasse produite et du carbone séquestré dans les trois plantations, on constate qu'il y a une différence hautement significative ($F = 36,3$; $dl = 2$ et $p\text{-value} = 4,33e-15$ ***)

En se référant aux différentes classes de diamètre, on constate que :

- Dans la plantation enrichie selon la méthode de Layon, la classe allant de [60-70[a produit plus de biomasse et séquestré plus le carbone (respectivement 122,6853 t/ha et 61,3427 t/ha) et la classe [10-20[a moins produit la biomasse et séquestré moins le carbone (respectivement 0,1218 t/ha et 0,609 t/ha) (figure 18a) ;
- Dans la plantation enrichie selon méthode de Blanc-étoc, la classe [40-50[a produit plus la biomasse et séquestré plus le carbone (respectivement 137,6610 t/ha et 68,8305 t/ha) et la classe à $d_{hp} \geq 70$ cm n'a produit la biomasse ni séquestré le carbone (figure 18b);
- Dans la plantation enrichie selon la méthode de Martineau, la classe [50-60[a produit plus de biomasse et séquestré plus le carbone (respectivement 390,8544 t/ha et 195,4272 t/ha) et la classe à $d_{hp} \geq 90$ cm n'a produit la biomasse ni séquestré le carbone (figure 18c).

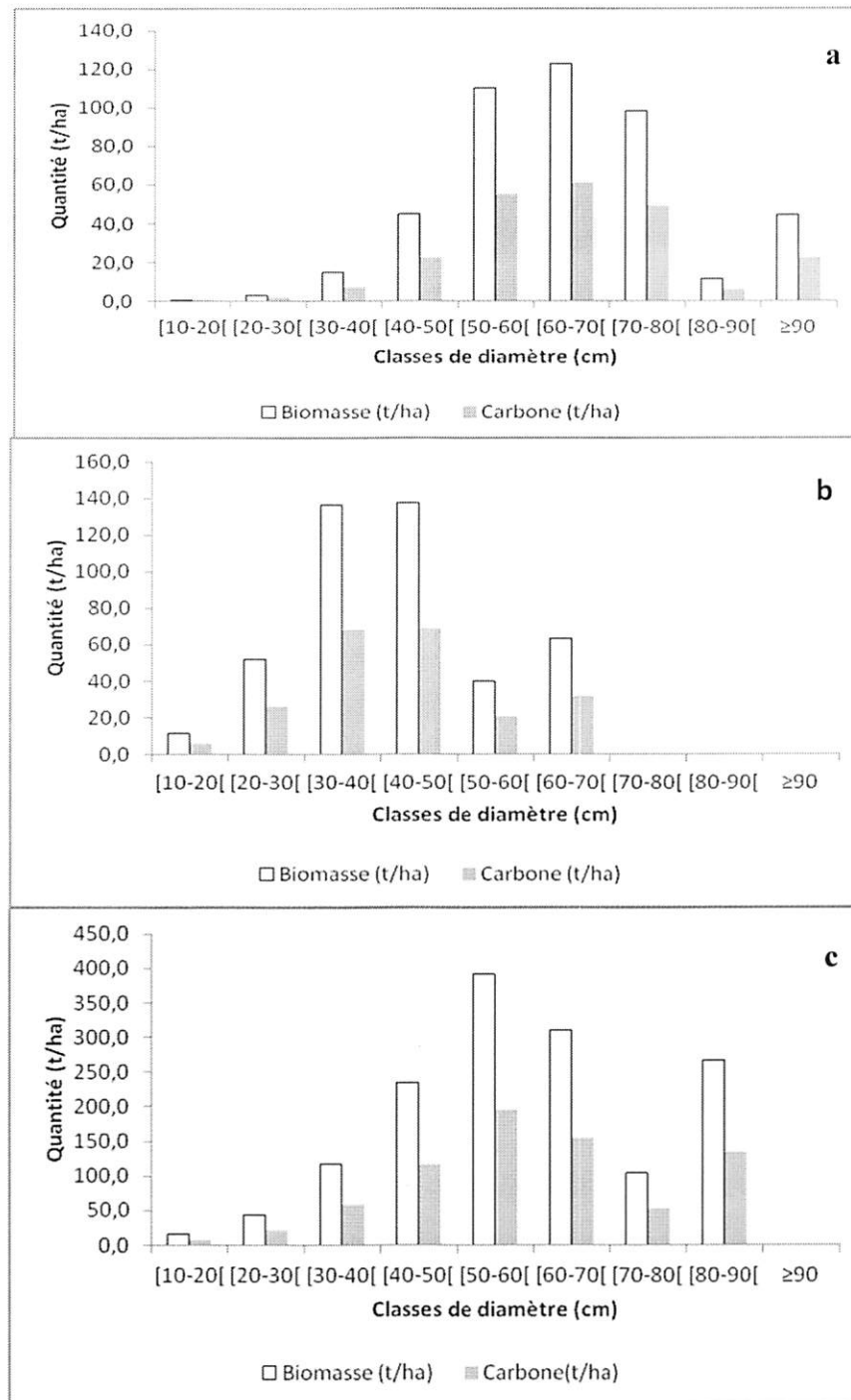


Figure 18. Biomasse produite et carbone séquestré par *G. dewevrei* au sein de trois méthodes (a : Layon ; b : Blanc-étoc et c : Martineau)

3.2.3. Volume brut

Les valeurs du volume brut produites par *G. dewevrei* au sein de trois plantations sont représentées dans le tableau 5

Tableau 5 : Les valeurs du volume brut produites par *G. dewevrei* au sein de trois plantations

Légende LA : Layon ; BE : Blanc-étoc et MA : Martineau

	V (m ³ /ha) LA	V (m ³ /ha) BE	V (m ³ /ha) MA
Total	218,827	243,3077	741,4529
Moyenne	2,145	1,9465	5,2585
Ecart-type	1,313	1,5970	5,01470

Le tableau 5 montre que, les valeurs du volume brut les plus élevées sont observées dans la méthode de Martineau avec 741,4529 m³/ha ($5,2585 \pm 5,2585$ m³/ha) suivies de la méthode de Blanc-étoc avec 243,3077 m³/ha ($1,9465 \pm 1,5970$ m³/ha) et enfin, la méthode de Layon avec 218,827 m³/ha ($2,145 \pm 1,313$ m³/ha).

En tenant compte des classes de diamètre, dans l'ensemble de trois méthodes, 50 % des individus de *G. dewevrei* inventoriés dans la plantation à Blanc-étoc ont produit un volume compris entre 0,1 à 47 m³/ha ; ceux de la méthode de layon entre 15 à 50 m³/ha et enfin, ceux de la méthode de Martineau entre 40 à 120 m³/ha (Figure 19). En utilisant le test d'ANOVA pour comparer la surface terrière au sein des trois plantations, on constate qu'il y a une différence hautement significative ($F = 41,2$: dl = 2 et p-value < $2,2e-16$ ***)

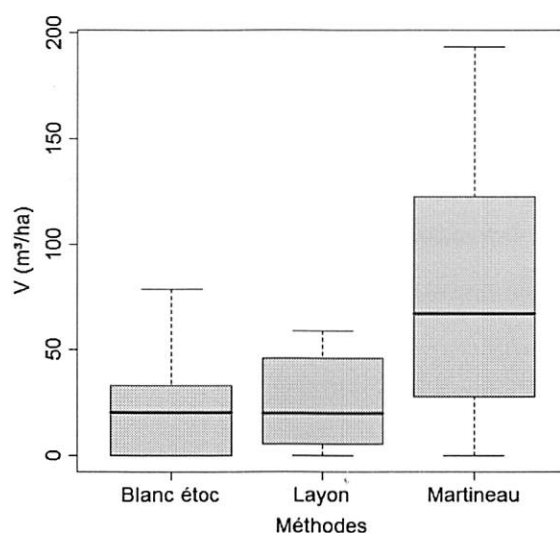


Figure 19 : Dispersion des valeurs du volume de *G. dewevrei* au sein de trois méthodes. Cette figure représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50% des valeurs de volume et la barre épaisse à l'intérieur de la boîte indique le volume moyen, la barre basse indique le volume minimal et la barre haute indique le volume maximal.

CHAPITRE QUATRIEME : DISCUSSION DES RESULTATS

4.1. Diversité floristique

Au total 395 individus à $dhp \geq 10$ cm ont été inventoriés pour l'ensemble de trois méthodes dont 106 individus groupés à 4 espèces pour la méthode de Layon ; 141 individus groupés à 13 espèces pour la méthode de Blanc-étoc et 148 individus groupés à 5 espèces pour la méthode de Martineau. En comparant la diversité spécifique de trois plantations issues de trois méthodes d'enrichissement différentes en fonction des indices de diversité, nous avons constaté qu'il y a une différence significative (cfr point 3.1.1 et tableau 1) où la plantation issue de la méthode est plus diversifiée que les autres plantations. D'où l'hypothèse selon laquelle « les plantations à *G. dewevrei* issues de trois méthodes d'enrichissement différentes présentent la même diversité spécifique » est rejetée.

4.2. Etude quantitative

Dans la plupart de littérature, *G. dewevrei* est une espèce sciaphile à structure diamétrique décroissante en « J inversé », c'est-à-dire le nombre d'individus décroît avec l'augmentation des classes de diamètre (Sadiki, 2011 ; Sabongo, 2015). Tandis que dans les trois plantations à *G. dewevrei* de l'INERA-Yangambi, nous avons constaté que les individus de *G. dewevrei* dans la plantation enrichie selon la méthode de Layon présente une structure en « cloche » qui est une allure typique des espèces héliophiles tandis que ceux de la plantation enrichie par méthode de Martineau et Blanc-étoc présentent une structure en « S étiré » qui est caractéristique des espèces héliophiles modérées. De ces deux structures en « cloche » et « S étiré », nous remarquons que *G. dewevrei* s'est adapté aux conditions sylvoles qui lui ont été imposées. En comparant la structure des individus de *G. dewevrei* de ces trois plantations, nous avons constaté qu'il y avait une différence hautement significative (cfr point 3.2.2.2 et figure 17.). D'où le rejet de l'hypothèse selon laquelle « La structure diamétrique de *G. dewevrei* est la même au sein de trois plantations ».

En ce qui concerne la surface terrière, les individus de *G. dewevrei* occupent plus le sol dans la méthode de Martineau suivie de Layon et enfin, celle de Blanc-étoc (cfr point 3.2.2 et tableau 4). Eu égard aux résultats obtenus, les valeurs des surfaces terrières entre les trois plantations s'écartent, cela peut se justifier par la densité et le diamètre moyen ainsi que la différence d'âge soit 76 ans pour Martineau ainsi que Layon et 68 ans pour le Blanc étoc.

En comparant nos résultats avec ceux d'autres chercheurs (tableau 6), nous remarquons que les trois plantations étudiées ont les valeurs de la surface terrière plus élevées que les autres plantations à *G. dewevrei* (Kakule, 2013)

Tableau 6 : Comparaison des valeurs de la surface terrière de *G. dewevrei* avec les autres plantations

Plantations	Age	S.T (m ² /ha)	Référence(Auteurs)
<i>G. dewevrei</i>	76	89,7088	Présent travail
<i>G. dewevrei</i>	76	25,8708	Présent travail
<i>G. dewevrei</i>	68	36,4392	Présent travail
<i>G. dewevrei</i>	39	31,067	Kakule, 2013
<i>G. dewevrei</i>	39	15,092	Kakule, 2013

Quant à la biomasse produite, en comparant les trois méthodes étudiées, nous constatons qu'à 76 ans la biomasse produite par la méthode de Martineau est plus élevée avec 1481,2649 t/ha contre la méthode de Layon a produit 450,2289 t/ha, soit une différence de 1031,036 t/ha malgré que les deux plantations ont été installées à la même année. Et à 68 ans, la méthode de Blanc étoc a produit une quantité de biomasse de l'ordre 440,9425 t / ha. Cette différence peut être due non seulement à la différence de densité soit 102 tiges/ha pour la méthode de Layon, 392 tiges/ha pour la méthode de Blanc étoc et 592 tiges/ha pour la méthode de Martineau mais aussi en fonction de l'âge des plantations. En comparant les trois valeurs de la biomasse produite et du carbone séquestré dans les trois plantations, nous avons constaté qu'il y a une différence hautement significative (cfr point 3.2.2 et le tableau 4). D'où l'hypothèse selon laquelle « la biomasse produite par les individus de *G. dewevrei* est fonction de la méthode d'enrichissement utilisée » est acceptée.

En comparant nos résultats avec ceux d'autres chercheurs (tableau 7), nous constatons que les trois plantations étudiées ont produit plus la biomasse que les autres plantations à *G. dewevrei* (Kakule, 2013) et (Ebuy, 2009).

Tableau 7 : Comparaison de la biomasse produite par *G. dewevrei* avec les autres plantations

Espèce	Age	N° de plantation	Biomasse(t/ ha)	Référence(Auteurs)
<i>G. dewevrei</i>	76	20 C	1481,2649	Présent travail
<i>G. dewevrei</i>	76	4 A	450,2289	Présent travail
<i>G. dewevrei</i>	68	10 B	440,9425	Présent travail
<i>G. dewevrei</i>	39	1	190,92	Kakule ,2013
<i>G. dewevrei</i>	39	2	84,25	Kakule ,2013
<i>G. dewevrei</i>	35	1	138,8	Ebuy, 2009
<i>G. dewevrei</i>	35	2	131,7	Ebuy, 2009

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

A. CONCLUSION

La présente étude s'est axée sur l'analyse comparée de la diversité, de la structure diamétrique et la biomasse des plantations à *G. dewevrei* dans les trois plantations enrichies selon les trois méthodes : la méthode de Layon, de Blanc-étoc et de Martineau de L'INERA-Yangambi.

Les objectifs spécifiques poursuivis dans cette étude étaient de comparer la diversité spécifique de trois plantations à *G. dewevrei* ; comparer la structure diamétrique des individus de *G. dewevrei* dans les trois plantations et enfin, d'évaluer la biomasse produite par *G. dewevrei* dans les trois plantations.

Après analyse, les résultats suivants ont été obtenus :

- La méthode de Blanc-étoc est plus diversifiée que celles de Layon et Martineau ;
- Les individus de *G. dewevrei* dans la méthode Layon présente une structure en « cloche » tandis que ceux de la méthode de Martineau et Blanc-étoc présentent une structure en « S étiré » ;
- Pour la méthode de Layon, la densité est de 102 tiges/ha avec une surface terrière de 25,8708 m²/ha et la biomasse produite de l'ordre de 450,2289 t/ha, soit 225,11440 t/ha du carbone séquestré ;
- Pour la méthode de Blanc étoc, la densité est de 392 tiges /ha avec une surface terrière de 36,4392 m²/ha et la biomasse produite est de 440,9425 t/ha, soit 220,4712 t/ha du carbone séquestré ;
- Quant à la méthode de Martineau, la densité est de 592 tiges/ha avec une surface terrière de 89,7800 m²/ha et la biomasse produite est de 1481,2649 t/ha, soit 740,632 t/ha du carbone séquestré.

B. SUGGESTION

La planification pour la réussite d'une activité est à encourager mais le suivi et l'entretien plus précisément dans le domaine sylvicole sont plus importants. Sur ce, nous recommandons ce qui suit :

- ✍ Que les plantations bénéficient d'un entretien soutenable ou durable pour espérer avoir un bon rendement de biomasse (stockage de carbone) ;
- ✍ Que d'autres chercheurs continuent à mener des recherches dans ce domaine pour compléter ce que nous n'avons pas pu faire dans cette étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alamgir M, 2008, Allometric models to estimate biomass organic carbon stock in forest vegetation. *Journal of Forestry Research* 19, 101–106.
- Alongo, L.S., 2007. Etude de l'effet de Lisière sur l'humidité équivalente de la cuvette et la température du sol d'un écosystème forestier de la cuvette centrale congolais. Cas de la réserve forestière « Jardin systématique de l'INERA à Yangambi, 52p.
- Basuki T.M., Van Laake P.E., Skidmore A.K. and Hussin Y.A., 2009. Allometric equation for estimating the above ground biomass in tropical lowland dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management*, 257, 1684-1694p.
- Beguin H., 1962. A propos de la densité de la population dans la région de Yangambi. Bruxelles: Acad. Roy. des Sei. D'O-M; bul' des séances, nouvelle série, 928-94.
- Brown, S. 1997. Economic value of carbone storage in tropical forests. In : Weiss, J (ed) *the economics of project appaisal and the environnement*, 102-123. Egward Elgar, cheltenham climatique- une persective canadienne. Toroto, Canada, 55p.
- Bultot, F, 1972. Atlas climatique du Bassin congolais IIIe partie : température et humidité de l'air, rosée, température du sol. Bruxelles : publ.INERA.68p
- Chave J., Andalo C., Brown S., Cairns M. A., Chambers J. Q., Eamus D., Folster H., Fromard F., Higuchi N., Kira T., Lescure J. P., Nelson B. W., Ogawa H., Puig H., Riera B. & Yamakura T., 2005: Tree allometry and improved estimation of carbone stocks and balance in tropical forests. *O ecologia* 145 (1): 87-99.
- De Heinzelin, J., 1952. Sols, paléosols et désertifications anciennes dans le secteur nordoriental du Bassin du Congo. Bruxelles : Publ. INEAC., 168 p.
- DIAF, 2009. Liste des essences forestières de la R.D Congo, 52p.
- Drachoussoff V., Focan A. et Hecq J. [199tj. Le développement rural en Afrique centrale 1908-1960/1962. Synthèse et réflexions. Bruxelles: Fondation Roi Baudouin, vol. 1 et II, 1203p.
- Dupay, B. 1998. Bases pour une sylviculture en forêt tropicale humide africaine, série FORARI Document 4, CIRAD-Forêt, 328 p.
- Ebuy J., 2009. Estimation du stock de carbone dans les plantations forestières de l'INERA / Yangambi : cas *D'Autranella congolensis* (De Wild). A. Chev., de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild) J. Léonard et « *Drypetes likwa* (J. Léonard. Nomen) » Mémoire DEA, UNIKIS, 133p.

- FAO, 2005. Situation des forêts dans le monde 2005. FAO, Rome, Italie
- Kahindo, M, 2009. Elaboration des tarifs de cubage et de biomasses pour *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, *Guarea thompsonii* Sprague & Hutch et *Scorodophloeus zenkeri* Hams dans la réserve forestière de Yoko (Ubundu, Province Orientale, RDC). Mémoire de DEA, FS/UNIKIS, pp3-12.
- Kakule, M., 2013. Estimation du stock de carbone dans les plantations forestières de l'INERA/ Yangambi. Mémoire, FGRNR/ UNIKIS, 30p.
- Ketterings, M., 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests, *Forest Ecology and Management* 146, pp. 199–209.
- Kombele, F.B.M., 2004. Diagnostiques de la fertilité des sols dans la cuvette centrale congolaise, Cas de séries Yangambi et Yakonde. Thèse de doctorat, 421p.
- Lisingo, W.L, 2009. Typologie des forêts denses des environs de Kisangani par une méthode d'analyse phytosociologique multistrate, DEA inédit, FS/UNIKIS, 84 p.
- Lokombe, D., 2004 : Caractéristiques dendrométriques et stratégies d'aménagement de la forêt dense humide à *Gilbertiodendron dewevrei* en région de Bengamisa, Thèse de Doctorat inédit, IFA-Yangambi, 223p.
- Lokombe D., Molongola W., Mutumua, 2013. *Revue Shalom de Développement. Revue des sciences naturelles & sciences sociales et Humaine*, publ. Par le centre de recherche de Shalome, Université Shalome de Bunia, 117p.
- Lomba, B, L, 2007. Contribution à l'étude de la phytodiversité de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD Congo). DES inédit, FS/UNIKIS, 70 p.
- Mooney H. A., Chandell J., Chapin 1999. *Ecosystem physiology responses to global change*. Cambridge university press, 141-189.
- Negi J.D.S., Chauhan P.S. and Negi M., 2003. Evidences of climate change and its impact on structure en fonction of forest ecosystems in and around doon vally. *Indian forester* , 129 (6), 757-769.
- Nshimba, S-M., 2008. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts inondées de l'Ile Mbiye à Kisangani RD Congo. Thèse de doctorat ULD. Labo Bot. Syst., 262p.
- Ravindranath N. H., Somashekhar B.S., Gadgil M. 1997. Carbon flow in Indian forests, submitted to the ministry of environment and forest.
- Sabongo, Y., 2015. Etude comparative de la structure et de la diversité des forêts o *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild) J. Léonard des régions des Kisangani et de l'Ituri (Province Orientale RD Congo). Thèse de doctorat inédite. FS/UNIKIS 154 p.

- Sadiki, K., 2011. Caractérisation dendrométrique et spatiale de deux agrégats de *Gilbertidendon dewevrei* (De Wild.) J. Léonard dans le bloc sud de la réserve forestière de Yok (Ubundu, Province Orientale, RD Congo). Mémoire inédit. FS/UNIKIS, 35 p.
- Vandenput, R. 1981. Les principales cultures en Afrique centrale. Tournai : édit. Lesaffre, 458p.
- Weldenson, D., 2010. Evaluation de la biomasse et des stocks de carbone sur des placettes forestières en forêts tropicales humides de Guadeloupe. Mémoire DEA/ Université des Antilles et de la Guyane, 12-33p.

TABLE DES MATIERES

DÉDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
SUMMARY	iv
INTRODUCTION.....	1
0.1. Problématique et contexte de l'étude	1
0.2. Hypothèse du travail	3
0.3.1. Objectif général	3
0.3.2. Objectifs spécifiques	3
0.3.3. Intérêt du travail.....	3
1.1. Milieu d'étude	4
1.1.1. Situation géographique	4
1.1.2. Climat.....	5
1.1.3 Températures.....	5
1.1.3. Précipitation	5
1.1.4. Humidité relative de l'air (%).....	6
1.2. Considérations Générales sur l'essence Etudié (Lokombe et al., 2013).....	6
1.3. bref aperçu sur les plantations forestières de l'INERA / yangambi	8
CHAPITRE DEUXIEME : MATERIELS ET METHODE.....	10
2.1. La collecte des données.....	10
2.2.1. Analyse quantitative de données	10
2.2.1.5. Calcul du volume.....	12
2.2.1.6. Calcul de la biomasse.....	12
CHAPITRE TROISIEME : PRESENTATION DE RESULTATS	14
3.1.2. Structure diamétrique.....	14
3.1.4.2 Dominance des espèces	20
3.1.6. Dominance des familles	24
3.2. Structure, biomasse et volume sur pieds de <i>G. dewevrei</i> au sein de trois méthodes	25
3.2.1. Densité et surface terrière.....	25
3.2.2. Diamètre moyen et structure diamétrique des individus de <i>G. dewevrei</i>	26
3.2.2. Biomasse produite et carbone séquestré	28
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	35

Annexe

Anne 1 : Liste floristique de différentes espèces inventoriées dans la méthode de Layon

Espèces	Familles	Effectifs	ST (m ² /ha)
<i>Combretum lokele</i>	Combretaceae	1	0,0471
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	Fabaceae	102	25,8708
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	Lecythidaceae	1	0,0217
<i>Staudtia kamerunensis</i>	Myristicaceae	2	0,0550
	Total	106	25,9945

Anne 2 : Liste floristique de différentes espèces inventoriées dans la méthode de Blanc étoc

Espèces	Familles	Effectifs	ST (m ² /ha)
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i>	Sapotaceae	1	0,1777
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	Fabaceae	141	89,7800
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	Lecythidaceae	1	0,1366
<i>Tabernaemontana crassa</i>	Apocynaceae	3	0,2816
<i>Trichillia welwischii</i>	Meliaceae	2	0,3329
	Total	148	90,7088

Anne 3 : Liste floristique de différentes espèces inventoriées dans la méthode de Martineau

Espèces	Familles	Effectifs	ST (m ² /ha)
<i>Combretum lokele</i>	Combretaceae	1	0,1001
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	Fabaceae	125	31,5897
<i>Hannoa klaineana</i>	Simaroubaceae	1	0,0426
<i>Maesopsis eminii</i>	Rhamnaceae	2	0,6628
<i>Musanga cecropioides</i>	Urticaceae	1	0,3334
<i>Myrianthus arboreus</i>	Urticaceae	1	0,0308
<i>Pachyelasma tessmannii</i>	Fabaceae	2	1,3158
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	Lecythidaceae	2	2,0287
<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicaceae	1	0,0220
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	1	0,0603
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	Fabaceae	1	0,0699
<i>Tetrorchidium didymonstemon</i>	Euphorbiaceae	1	0,1031
<i>Trilepisium madagascariensis</i>	Moraceae	2	0,0801
	Total	141	36,4392

Annexe 4 : La fréquence de différentes espèces inventoriées au sein de trois méthodes des plantations à *Gilbertiodendron dewevrei*

Espèces	Layon	Blanc étoc	Martineau
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i>	0	0	1
<i>Combretum lokele</i>	1	1	0
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	102	125	141
<i>Hannoa klaineana</i>	0	1	0
<i>Maesopsis eminii</i>	0	2	0
<i>Musanga cercropioides</i>	0	1	0
<i>Myrianthus arboreus</i>	0	1	0
<i>Pachyelasma tessmannii</i>	0	2	0
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	1	2	1
<i>Pycnanthus angolensis</i>	0	1	0
<i>Staudtia kamerunensis</i>	0	0	0
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	0	1	0
<i>Tabernaemontana crassa</i>	0	0	3
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	0	1	0
<i>Tetrorchidium didymonstemon</i>	0	1	0
<i>Trichillia welwischii</i>	0	0	2
<i>Trilepisium madagascariensis</i>	0	2	0
Total	104	141	148