

UNIVERSITE DE KISANGANI

Département des Eaux et Forêts.



B.P 2012

KISANGANI

FACULTE DE GESTION DES RESSOURCES

NATURELLES RENOUVELABLES

FGRNR

***Dynamique et évolution de stock de carbone dans la forêt
semi-caducifoliée à Gilletiodendron kisantuense dans la
réserve forestière de la Yoko (Ubundu, RDC).***

Par

OSCAR **BENDE MOSENGO**

Travail de fin d'études

Présenté et défendu en vue de l'obtention de
grade d'ingénieur en Sciences agronomiques.

Option : Eaux et Forêts

Promoteur : Prof. Hippolyte NSHIMBA
SEYA W.

Encadreur : C.T. Bonaventure IBANDA
NKOSI

ANNEE ACADEMIQUE : 2015-2016

Dédicace

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

OSCAR **BENDE MOSENGO**

ÉPIGRAPHE

Voici, je vous donne toute herbe portant de la semence et qui est à la surface de toute la terre, et tout arbre ayant en lui du fruit d'arbre et portant de la semence: ce sera votre nourriture.

Genèse 1 : 27-30.

Ir oscar **BENDE MOSENGO**

AVANT-PROPOS

La patience est amère, mais son fruit est doux ; il a fallu la force, courage et persévérance pour aboutir à cette œuvre.

Au terme de notre travail de fin d'études Universitaires, qu'il nous soit permis de rendre grâce tout d'abord à l'Eternel des armées, Dieu Tout-Puissant, car c'est à lui qu'appartiennent la gloire, l'honneur et la puissance. Sans lui, nous ne pourrions rien faire.

Nos remerciements s'adressent à toutes les autorités décanales et personnel administratif de la Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables pour nous avoir permis de présenter ce travail de fin d'études.

Nos remerciements de reconnaissance s'adressent à mes parents tuteurs ; le feu papa **BENDE Albert**, ma mère **MONZIA Philo** ; grâce à leur amour envers moi, et leur prière à ma faveur.

Nous pensons à tous les professeurs, Chefs de Travaux et Assistants de la faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables et la Faculté des Sciences qui disposent de leur temps dans le souci de former la jeunesse ;

Nos remerciements s'adressent particulièrement au Chef de Travaux **Bonaventure IBANDA**; qu'il trouve dans ces lignes l'expression de notre profonde gratitude.

Nos remerciements s'adressent également à toute la promotion des Eaux et Forêts/UNIKIS pour une franche collaboration et esprit de Travail.

Nos sentiments de remerciements aussi chaleureux qu'affectueux vont à l'endroit des Professeurs **NSHIMBA SEYA WA MALALE, MOANGO MANGA, MUKANDAMA, KAHINDO, CT AGBEMA, CT ASSUMANI, CT OKANGOLA, Docteur PYAME, CT BOLA**. Pour leurs remarques pertinentes et leurs observations édifiantes qui nous ont aidé à bien mener à bonne fin, ce Travail.

Oscar **BENDE MOSENGO**

REMERCIEMENTS

Ce mémoire de fin d'études est une résultante d'efforts, d'encouragements et de réflexions de plus d'une personne. Raison pour la quelle, à ce jour de la finalisation de nous avons le plaisir de remercier toutes les personnes qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à sa réalisation.

Nos remerciements vont naturellement d'abord au Professeur **Hippolyte NSHIMBA SEYA WA MALALE** qui, en dépit de ses multiples tâches avait disposé son temps et accepté d'être le promoteur de ce travail.

Nous tenons à remercier sincèrement le Chef de Travaux **Bonaventure IBANDA NKOSI** pour l'appui technique et scientifique qu'il a apporté dans l'élaboration du protocole, la récolte, le traitement de nos données de terrain ainsi que la rédaction.

Nos vifs remerciements s'adressent aux Professeurs **MUKANDAMA NDOLANDOLA** (UNIKIS), **Jean-Pierre MATE Mweru** (UNIKIS), **MOANGO MANGA** (UNIKIS), **jean Marie KAHINDO** (UNIKIS), **PYAME** (UNIKIS) respectivement aux fonctions dont ils assument au sein de la faculté.

Nous remercions sincèrement notre propre famille pour la grande disponibilité et l'encadrement moral qu'elle ne cesse de prêter à notre faveur. Sans leur appui matériel et financier nos efforts seraient nuls. Nous témoignons notre confiance à tous les vaillants collègues Ingénieur pour l'endurance et la franche collaboration dont ils ont fait preuve tant dans l'auditoire que sur le terrain pour la réussite et le succès de différentes activités scientifiques collectives (stages, récolte des données, travaux dirigés, etc.) tout au long de notre formation.

Nos remerciements s'adressent aussi à mon grand-frère **Jean Léonard BENDE AKAWA** pour leur Contribution tant financière que matérielle qui m'a permis de réaliser ce travail de fin d'études.

Nous tenons à remercier notre belle famille, la famille **LAINI** qui n'avait cessé de donner des conseils et leurs moyens physiques ayant contribué à la réussite de ce travail.

Nous remercions ensuite mon épouse **STHAMBO SARAH Louise** et ma fille **Esther MONZIA**.

Que tous les amis que nous avons pu rencontrer tout au long de nos études universitaires, les techniciens et guides de terrain de Yoko: Michel, et, acceptent enfin notre expression de reconnaissance pour leur rôle surtout durant la période de récolte des données de terrain.

A vous tous aussi, que ce travail soit un symbole d'un bon souvenir de la vie.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Vue de l'espèce phare de notre recherche

Figure 2 : Localisation de la réserve forestière de la Yoko.

Figure 3 : La densité dans chaque parcelle étudiée en 2012 et 2016 dans la forêt à *G. kisantuense*.

Figure 4 : Surface terrière des parcelles en 2012 et 2016

Figure 5. Distribution des fréquences des tiges en fonction de classes de diamètre

Figure 6. Densité relative des espèces les plus abondantes en 2012 et en 2016

Figure 7 : Dominance relative des espèces.

Figure 8 : Abondance des familles du peuplement étudiée

Figure 10. Recrutement par espèces

Figure 11 : Mortalité par famille

Figure 12 : Mortalité par espèces

Figure 13 : Mortalité des individus par classe de diamètre

Figure 14 : Mortalité par catégorie d'arbres

Figure 15 : Dispersion des catégories de la mortalité.

Figure 16 : dispersion de la mortalité par parcelle

Figure 17 : Biomasse des peuplements étudiés

Figure 18 : Stock de Carbone des peuplements étudiés

Figure 19 : Accroissements en diamètre (cm/an)

LISTE DES TABLEAUX

Le tableau 1 : donne la liste des matériels utilisés pour la réalisation de notre étude.

Tableau 2 : Taux de recrutement des individus dans les quatre parcelles étudiées

Tableau 3 : Taux de mortalité des individus au sein de la forêt à *Gilletiondendron kisantuense*

Tableau 4 : Bilan démographique

ABREVIATIONS

RDC : République Démocratique du Congo

DME : Diamètre minimum d'Exploitation

CO₂ : Dioxyde de Carbone

N₂O : Protoxyde d'Azote

CH₄ : Gaz méthane

G.E.S : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe d'experts International sur l'Evolution du Climat

INEAC : Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo

DHP : Diamètre à Hauteur de Poitrine.

RESUME

Les écosystèmes forestiers jouent un rôle important dans l'atténuation de la concentration du gaz carbonique en raison des fortes quantités de carbone séquestré. La présente étude a pour objet l'étude de la dynamique et de l'évolution de stock de carbone dans la forêt semi-caducifoliée à *Gilletiodendron kisanuense* dans la réserve forestière de la Yoko sous différents aspects, particulièrement les paramètres démographiques (mortalité et recrutement), évaluer l'accroissement des arbres entre des années 2012 et 2016 de la surface terrière, la densité des arbres et de la biomasse aérienne et le stock de carbone 4 ans après la première campagne de mensuration effectuée en 2012 dans la forêt semi-caducifoliée à *Gilletiodendron kisanuense* de la réserve forestière de Yoko.

L'inventaire a été fait dans une parcelle permanente de 1 ha située dans le bloc nord du dispositif permanent de Yoko, dans la forêt à *Gilletiodendron kisanuense*, à l'intérieur de laquelle tous les individus dans les quatre parcelles étudiées à $d_{hp} \geq 10$ cm, ont été mesurés à 1,30 m du sol et cette mensuration était matérialisée par deux bandes peintes en rouge durant la première campagne en 2012. Et la deuxième campagne faite en 2016, était de mesurer à nouveau les mêmes individus et aux mêmes endroits.

Après analyse, les taux de recrutement et de la mortalité de la population entre les années 2012 et 2016 sont respectivement de 0,74% et 1,6% ; ce qui conduit en une diminution d'effectif passant de 470 à 440 individus à cause de 30 individus morts.

Les accroissements diamétriques moyens sont de 0,30 cm/an en 2016. Les surfaces terrières (ramenées à l'hectare) sont respectivement de 33,62 m²/ha en 2012 et 35,82 m²/ha en 2016 dans l'ensemble des parcelles étudiées. La quantité de la biomasse moyenne produite est passée de 357,80 t/ha en 2012 à 400,21 t/ha en 2016, tandis que la quantité de carbone séquestrée est passée de 178,90 t/ha en 2012 à 200,11 t/ha en 2016.

Mots-clés : Dynamique, Carbone, Biomasse, Parcelles, Inventaire, Accroissement, diamétrique, semi-caducifolié, Yoko.

ABSTRACT

Forest ecosystems play an important role in mitigating the concentration of carbon dioxide due to high amounts of sequestered carbon. This study focuses on the study of the dynamics and evolution of carbon stock in the semi-deciduous forest *Gillettiodendron kisantuense* in the forest reserve of Yoko in different aspects, particularly the demographic parameters (mortality and recruitment), evaluate the growth of trees between years 2012 and 2016 of the basal area, tree density and aboveground biomass and carbon stock 4 years after the first measurement campaign conducted in 2012 in the semi-deciduous forest *Gillettiodendron kisantuense* of Yoko forest reserve.

The inventory has been done in a permanent plot of 1 ha located in the north block Yoko permanent device in the forest *Gillettiodendron kisantuense*, within which all individuals in the four plots studied ≥ 10 cm dbh have measures was 1.30 m from the ground and this measurement was materialized by two strips painted red during the first campaign in 2012. and the second campaign made in 2016, was re-measure the same individuals and the same places.

After analysis, the recruitment rate and mortality of the population of individuals between the years 2012 and 2016 are 0.74% and 1.6% respectively; which results in an effective decrease from 470-440 individuals because of 30 dead individuals.

Increases diametric means are 0.30 cm / year 2016. La basal area (reduced per hectare) are respectively 33,62m² / ha in 2012 and 35.82 m² / ha in 2016 in all plots studied. The amount of biomass produced average increased from 357.80 t / ha in 2012 to 400.21 t / ha in 2016, while the amount of carbon sequestered increased from 178.90 t / ha in 2016 to 200.11 t / ha in 2016.

Keywords: Dynamics, Carbon, biomass, Plots, Inventory, Increase, diametric, semi-deciduous, Yoko.

INTRODUCTION

0.1. Considérations généralités

De nos jours, la forêt tropicale constitue un enjeu politique, économique, et scientifique. Elle est soumise à une forte action destructrice à des fins d'exploitation du sol pour l'élevage et l'agriculture, et de production des bois. Elle a beaucoup souffert de projets politiques dont les conséquences se sont révélées désastreuses à court terme (Chave, 2000).

Les forêts du bassin du Congo constituent le deuxième plus grand massif de forêts tropicales au monde, après celui de l'Amazonie. Celles de la République démocratique du Congo représentent à elles seules, environ 60% de ce massif forestier (Croiser et Trefon, 2007).

Les forêts de la République Démocratique du Congo possèdent une diversité d'espèces végétales importantes dans les différentes strates (arborescente, arbustive et herbacée) qui jouent un rôle non négligeable dans la dynamique forestière. La dynamique forestière constitue la base d'observation de l'équilibre démographique et de la régénération des populations végétales en assurant le renouvellement des individus et la pérennité des espèces. Ainsi, l'évolution à long terme de la forêt n'est prévisible que lorsque les paramètres tels que la mortalité, la croissance et le recrutement des arbres sont bien cernés (Boyemba, 2006).

La croissance individuelle des arbres est un processus majeur de la dynamique forestière (Clark et Clark 1999). Sa compréhension est indispensable à la modélisation de la dynamique des populations d'arbres et des forêts, qu'elles soient vues comme un réservoir de biodiversité ou comme un puits de carbone (Bullock 1997).

Les caractéristiques démographiques (mortalité, recrutement) des forêts tropicales ainsi que leur croissance en biomasse suscitent un intérêt accru, pour deux raisons principales, l'une liée à leur biodiversité (Wright 2002, Leigh et *al.*, 2004), l'autre à leur rôle dans le cycle global du carbone (Clark 2004, Cramer et *al.*, 2004, Malhi et Phillips 2004, Lewis et *al.*, 2009).

Le recrutement intègre à lui seul, plusieurs processus : il est le résultat de la fructification et de la dispersion des graines issues des arbres mères, puis de l'établissement et de la survie des juvéniles jusqu'à atteindre un seuil de taille à partir duquel ils sont pris en compte dans le peuplement. Les principaux facteurs de l'environnement qui limitent la croissance sont la

Dynamique et évolution de stock de carbone

disponibilité en lumière, en eau et en nutriments, la lumière étant le facteur limitant le plus important dans les forêts tropicales humides (Baker *et al.*, 2003). Au sein d'un peuplement, les arbres sont donc en compétition pour ces ressources, et développent différentes stratégies d'utilisation (Denslow, 1980 ; Jackson *et al.*, 1995)

L'estimation des caractéristiques démographiques (mortalité et recrutement) et de la croissance permet d'aborder l'évolution de la biomasse du peuplement forestier qui est déterminée par le bilan démographique (mortalité versus recrutement) et la croissance en surface terrière, généralement assez bien corrélée à la biomasse. Cette démarche apporte un éclairage sur le rôle controversé de puits ou de source des forêts tropicales dans le cycle du carbone, dans un contexte de changement climatique (Clark 2004 ; Cramer *et al.*, 2004 ; Malhi et Phillips, 2004 ; Lewis *et al.*, 2004)

0.2 .Problématique

Les forêts du bassin du Congo pourraient bien se trouver à un tournant décisif, menant vers des taux de déforestation et de dégradation forestière plus élevés. Elles ont été jusqu'à présent largement protégées « de manière passive » par l'instabilité politique et les conflits chroniques, la médiocre infrastructure, faible gouvernance qui ont caractérisé la région. Les pays de la région répondent toujours au profil des pays à couverture forestière élevée/ faible déforestation (CEFD). Toutefois, des signes indiquent que ces forêts subissent une pression croissante de la part d'une variété de forces, notamment l'extraction minière, la construction de routes, l'agro-industrie et les biocarburants, en plus de l'expansion de l'agriculture de subsistance et de la production de charbon de bois (C. Megevand, 2013).

Mais, selon Denman, (2007) ; cette tendance a diminué lorsqu'il a démontré que la déforestation et la dégradation des forêts causent actuellement des émissions annuelles mondiales de gaz à effet de serre de l'ordre de 17,3 %. Pourtant, le protocole de Kyoto n'a pas adopté de mécanisme pour faire de la conservation des forêts tropicales ou de la prévention de la déforestation une arme dans la lutte contre le changement climatique (Ebuy, 2009).

L'implantation d'espèce *Gilletiodendron kisantuense* dans la réserve forestière de la Yoko est arrivée à l'époque coloniale belge qui est absent dans le Catalogue-Flore des plantes vasculaires des districts de Kisangani et de la Tshopo (RD Congo), l'idée principale de l'installation de cette espèce était de voir son adaptation dans cette région et aujourd'hui

Dynamique et évolution de stock de carbone

comme nos forêts du bassin du Congo est fortement menacé par l'exploitation illégale du non respect du texte cette espèce est mis en danger qui tend vers une disparition , étant donné que cette espèce est rare dans la réserve de la Yoko, une espèce venant du Mayumbe ; Bas-Congo (Matadi, Kisantu).

Citons d'abord le grand problème du changement global des climats. Les forêts, après l'océan, sont vraisemblablement les principaux puits de dioxyde de carbone.

Ainsi, la présente étude conduite dans la forêt à *Gillettiodendron kisanuense* dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko s'est intéressée à la dynamique et à l'évolution de stock de carbone dans la forêt « semi-caducifoliées». A cet effet, notre problématique s'articule autour des questions ci-après :

- Quels sont les accroissements en diamètre des espèces dans la forêt semi-caducifoliée à *Gillettiodendron kisanuense* ?
- Le taux de mortalité, le taux de recrutement sont-ils identiques aux valeurs fixées par l'administration forestière congolaise 1% pour la mortalité et 7% pour le recrutement ?
- Comment évolue le stock de carbone lorsqu'on prend en compte la mortalité et le recrutement des tiges ?

0.2. Hypothèses

A l'issue de questions de recherche posées, trois hypothèses ont été formulées :

- Les accroissements diamétriques varient d'une espèce à une autre ;
- Etant donné que les aménagistes adoptent un taux de mortalité naturelle de 1% et un taux de dégâts de 7%, ce qui est conforme aux normes d'aménagement forestier de la RDC, nous estimons que le taux de mortalité et le taux de recrutement seront identiques à ces valeurs ;
- Puisque le taux de mortalité sera supérieure au taux de recrutement, nous estimons que la densité des individus, la surface terrière ainsi que le stock de carbone seront plus élevés quatre ans après dans la forêt semi-caducifoliée en étude.

0.3. Objectifs de l'étude

0.3.1 Objectif général

La présente recherche se fixe pour objectif général, de comprendre la dynamique de la forêt semi-caducifoliée à *G. kisanuense*, en déterminant le taux de recrutement, de mortalité, la croissance des arbres ainsi que la séquestration de carbone.

0.3.2 Objectifs spécifiques

Notre étude se fixe pour objectifs spécifiques :

1. Déterminer les accroissements diamétriques des espèces qui constituent la forêt semi-décidue à *G. kisanuense* dans la réserve forestière de Yoko ;
2. Identifier les caractéristiques démographiques (mortalité et recrutement) des espèces de la forêt en étude ;
3. Evaluer le stock de carbone afin de déterminer son évolution dans la forêt en étude.

0.4. Intérêt du travail

Le présent travail est une contribution à l'étude de la dynamique forestière dans une forêt semi-caducifoliée à *G. kisanuense* dans la réserve de Yoko.

Les informations qui seront obtenues sur le taux de recrutement, la mortalité et les accroissements diamétriques, constituent des bases nécessaires à la planification des interventions sylvicoles appropriées. Elles permettront également de mieux définir les règles d'exploitation en définissant mieux, les diamètres minimum d'exploitabilité (DME), la rotation forestière, dans des conditions écologiques similaires à la présente étude.

0.5. Subdivision du travail

Ce travail comprend quatre chapitres : le premier est consacré aux généralités, le deuxième présente les matériels et la méthodologie employée, le troisième expose les résultats et leurs interprétations et le quatrième discute les résultats obtenus. Une conclusion et quelques recommandations clôturent ce travail.

CHAPITRE PREMIER : GENERALITES

1.1. Notions sur la dynamique forestière

1.1.1. Le chablis et autres processus de la dynamique forestière

1.1.1.1. Le Chablis

Le chablis, ou la chute d'un ou plusieurs arbres, constitue le phénomène dynamique le plus évident à l'échelle de la parcelle. La proportion en surface de forêt dense tropicale humide affectée chaque année par les chablis a fait l'objet de nombreuses études (Hartshorn, 1978 ; Riéra et Alexandre, 1988 ; Durieu de Madron, 1993...). Elle est en moyenne de 1%, avec des variations du simple au triple selon les forêts. Certains auteurs ont déduit de ces pourcentages des taux de renouvellement ("turn over") de la formation (Hartshorn, 1978).

Après la création d'un chablis, la surface affectée se reconstitue progressivement en passant par des phases successives d'évolution, dites phases sylvigénétiques (Oldeman, 1990). En réalité, les mécanismes de fermeture de la trouée vont dépendre de la taille de celle-ci. Pour les petites trouées (inférieures à 200 m²), ce sont les individus déjà présents au moment de la chute (ou leurs descendants) qui vont effectuer le comblement. Il n'y a généralement pas l'intervention d'espèces héliophiles. Lorsque les trouées sont plus importantes (plusieurs centaines à quelques milliers de m²), les modifications des conditions locales sont également plus importantes. Dans ce cas, des espèces héliophiles assurent les premiers stades du comblement. Souvent, ces espèces sont déjà présentes à l'état de graines en attente dans le sol. L'importance relative des espèces héliophiles varie avec la surface de la trouée. Oldeman (1990) a appelé "éco-unité" la portion de forêt qui est affectée par un même chablis à un instant donné et qui va évoluer progressivement vers le comblement, en passant par différentes phases sylvigénétiques. La généralisation de cette vision conduit à considérer l'ensemble de la forêt comme une mosaïque d'éco-unités à des stades différents de leur évolution dynamique. Le pourcentage des différentes phases a également été calculé pour mesurer le "turn over" de la formation (Torquebiau, 1981).

1.1.1.2. Autres processus dynamiques

La dynamique forestière, en réalité, ne passe pas uniquement par le phénomène de chablis. Durieu de Madron(1993), par exemple, a montré que, près d'un grand arbre sur deux mourait sur pied. L'ouverture du peuplement entraînée par sa disparition est parfois minime. L'arbre est simplement remplacé à terme par son voisin immédiat. C'est le phénomène de substitution (Pascal, 1995). S'il n'y a pas de voisins dans un rayon de 2 à 3 mètres, les arbres les plus proches développent des branches pour occuper l'espace libéré. D'autres mécanismes plus complexes apparaissent dans les zones plates ou à pentes faibles. Chaque grand arbre organise avec le temps son voisinage en tenant à distance ses voisins.

En forêt, Les perturbations sont des événements plus ou moins ponctuels, d'origines naturelle ou anthropique, qui altèrent les écosystèmes (composition, structure et fonction). Elles constituent à ce titre l'un des moteurs essentiels de la dynamique des écosystèmes forestiers. La compréhension des mécanismes de restauration et de recolonisation du milieu par les organismes implique une connaissance du fonctionnement de l'écosystème, tant pour comprendre sa prédisposition aux perturbations que les processus qui accompagnent la restauration (Ponette, 2011)

1.1.2. Accroissements

1.1.2.1. Notion générale sur les accroissements

Dans sa portée la plus large, l'accroissement est la mesure de l'augmentation en croissance pour une période de temps donné. L'augmentation ou l'accroissement consiste en la différence en diamètre entre le début de la période de croissance et sa fin (Husch, 1963).

Davis (1952) parle d'une accumulation se faisant sur les cellules et tissus de l'arbre et cela pendant plusieurs années. Biologiquement, la croissance est à la fois une augmentation des dimensions et la formation de différenciation de nouvelles cellules au profit des tissus et organes.

Doucet (2007) estime que l'augmentation en dimensions des arbres est habituellement mesurée en termes d'accroissement en hauteur ou en longueur de la tige principale, accroissement en diamètre et en surface terrière. On peut faire le même type de mesure pour d'autres parties de l'arbre, quand cela est nécessaire.

1.1.2.2. Croissance en forêt tropicale

La caractérisation de la croissance est indispensable à la modélisation de la dynamique forestière, aussi bien dans un but de compréhension des processus fondamentaux de la structure et de la dynamique des peuplements forestiers que dans un but de prédiction de l'évolution des forêts tropicales dans un contexte climatique en plein changement. La méthode la plus couramment employée pour déterminer la croissance au niveau d'un peuplement ou au niveau spécifique est le suivi de dispositifs d'étude permanents (Sheil 1995 cité par Nyembo, 2012).

1.2. Généralités sur le changement climatique

Généralement, lorsque le soleil émet des rayonnements électromagnétiques, une partie de ces rayonnements qui atteint la terre est réfléchi vers l'atmosphère sous forme de radiation infrarouge. Cette perte énergétique est arrêtée par un phénomène appelé l'effet de serre. Divers gaz présents dans l'atmosphère (CO_2 , N_2O , CH_4) permettent en effet, d'intercepter et de conserver cette chaleur émise par la planète. Ce phénomène naturel est nécessaire à la régulation de la température à la surface du globe. Sans ce processus, on estime que la température moyenne de la Terre diminuerait de 33 degrés Celsius, passant de 15 à 18°C (Ministère de l'environnement du Canada, 2005).

Cependant, l'équilibre naturel peut être perturbé par des activités anthropiques. C'est ce que les scientifiques ont remarqué depuis l'accentuation de l'industrialisation au cours des années 1900. En effet, les niveaux de dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère sont passés de 280 ppm dans la période préindustrielle à 367 ppm en 2000, soit une augmentation de 31 %. Cet accroissement des émissions de gaz à effet de serre (GES) par les activités de l'homme a eu comme effet, d'augmenter très rapidement la température moyenne mondiale depuis 1860 (GIEC, 2009). Le réchauffement planétaire, également appelé réchauffement global, est un phénomène d'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère, à l'échelle mondiale et sur plusieurs années. Dans son acception commune, ce terme est appliqué au changement climatique observé depuis la fin du vingtième siècle. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) chargé d'établir un consensus scientifique sur cette question affirme dans son quatrième rapport, auquel ont participé plus de 2 500 scientifiques de 130 pays, que la probabilité que le réchauffement climatique depuis 1950 soit d'origine humaine est de plus de 90 %. Ces conclusions ont été approuvées par plus de 40 sociétés scientifiques et académies des sciences, y compris l'ensemble des académies nationales des sciences des grands pays industrialisés (Ebuy, 2009).

1.2.1. Systèmes forestiers

Les forêts jouent un rôle majeur dans le cycle global du carbone. La végétation et les sols forestiers emmagasinent environ 60 % du carbone terrestre total (Winjum *et al.*, 1992). Il semble donc normal que le secteur de la foresterie ait retenu l'attention de nombreux chercheurs ces dernières années pour son potentiel dans l'atténuation des changements climatiques. Les stratégies d'intervention suivantes ont été retenues et étudiées (Schroeder *et al.*, 1993; Mitchell Aide *et al.*, 2000; Oelbermann *et al.*, 2004)

1.2.2. Description de *Gilletiodendron kisantuense* (Ibanda, 2012)

Gilletiodendron kisantuense (Vermoesen ex De Wild.) J. Léonard est l'une des essences de la famille des Fabaceae, sous-famille des Caesalpinioideae (Tailfer, 1989). Elle présente différentes malformations morphologiques au niveau du tronc et à un fût cannelé. Sa présence dans le District de la Tshopo est signalée uniquement dans la réserve forestière de la Yoko, au bloc Nord (Ibanda, 2012).

1.2.3. Détermination de l'espèce

Contrairement à *Gilletiodendron mildbraedii* (Harms) Vermoesen, *Gilletiodendron kisantuense* (Vermoesen ex De Wild.) J. Léonard n'a pas encore été identifiée dans le District de la Tshopo (RD Congo). Elle est en effet absente du Catalogue Floristique des plantes vasculaires de ce District (Lejoly *et al.*, 2010). Il s'agit donc d'une nouvelle espèce qui a été déterminée en se servant de la clé de détermination de la Flore du Congo Belge et du Rwanda-Urundi, volume III (INEAC, 1952) suivante qui la distingue de *G. mildbraedii* :

- a. Folioles 14-28, oblongues-subrectangulaires; gousses de 3,5-6 cm de long, à valves ligneuses 1. *G. mildbraedii*
- b. Folioles (6) 8-12 (14), généralement elliptiques; gousses de 2,5-4 cm de long, à valves papyracées 2. *G. kisantuense*.

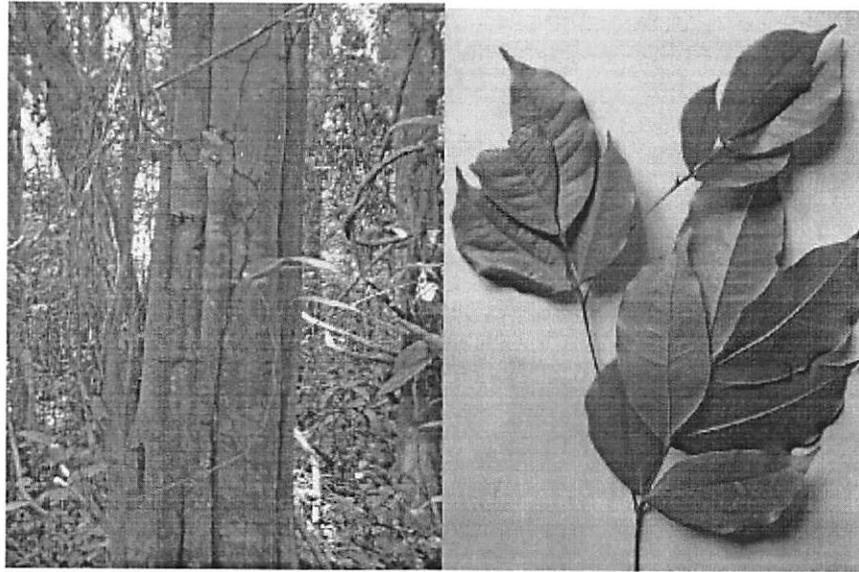


Figure 1a : Vue le tronc de l'espèce phare de notre recherche à gauche.

Figure 1b : vue la feuille de l'espèce phare de notre recherche à droite.

1.2.4. Caractéristiques botaniques (Tailfer, 1989)

C'est un arbre de première grandeur, au fût cannelé, malformé, atteignant 1,20 m de diamètre. Son fruit est une gousse plate, obliquement obovale, de 2,5 à 4 cm, à pointe apicale, la suture y est légèrement épaissie, les valves papyracées étant garnies de minuscules dépressions punctiformes. Le pied est muni d'accotements ailés très dressés et irréguliers, la cime est étalée, à couvert assez clair. L'écorce de coloration gris jaune brunâtre et d'apparence lisse est piquetée de lenticelles s'exfoliant par plaques avec l'âge.

Les feuilles sont composées paripennées à 3-6 paires de folioles largement elliptiques de 1,5 à 7 cm de long, luisantes, marquées de points translucides. Les fleurs sont petites, blanches, comptant 4 sépales, 5 pétales subégaux, 10 étamines libres, réunies en petites panicules. Son bois est brun jaune à brun rosé, lourd et dur.

1.2.5. Noms vernaculaires

En R.D. Congo *G. kisantuense* porte de nombreux noms : Baanda, Penza, Mbandambata (Mayumbe), Kiala moko (Kisantu), Ogumbo (BakumuMangongo) ; Mbanégué, Mbaya et Pidé au Gabon.

1.2.6. Usages

Aucun usage local spécifique n'est reconnu à *G. kisantuense* dans notre milieu d'étude, outre le fait que son stick soit employé pour le piégeage. Néanmoins, son bois peut être utilisé comme bois énergie (bois de chauffe et carbonisation). Du point de vue industriel, l'espèce

peut être utilisée dans la fabrication des panneaux à particules et dans l'industrie papetière qui utilise diverses essences forestières.

1.2.7. Distribution

En R.D. Congo, l'espèce a été localisée au Mayumbe ; Bas-Congo (Matadi, Kisantu). Côte d'Ivoire, Gabon (INEAC, 1952).

CHAPITRE DEUXIEME : MILIEU D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES

2.1. MILIEU D'ETUDE

2.1.1. Situation administrative et géographique

La réserve de la Yoko est un patrimoine de l'Etat congolais sous tutelle du ministère de l'environnement, conservation de la nature, Eaux et forêts ; elle est gérée par la Coordination Provinciale de l'Environnement et Développement Durable. Elle est liée à la conservation intégrale, pour ce faire, les circulations, les pénétrations et les recherches scientifiques ne peuvent être réalisées que par autorisation de l'autorité compétente (Mbayu, 2006).

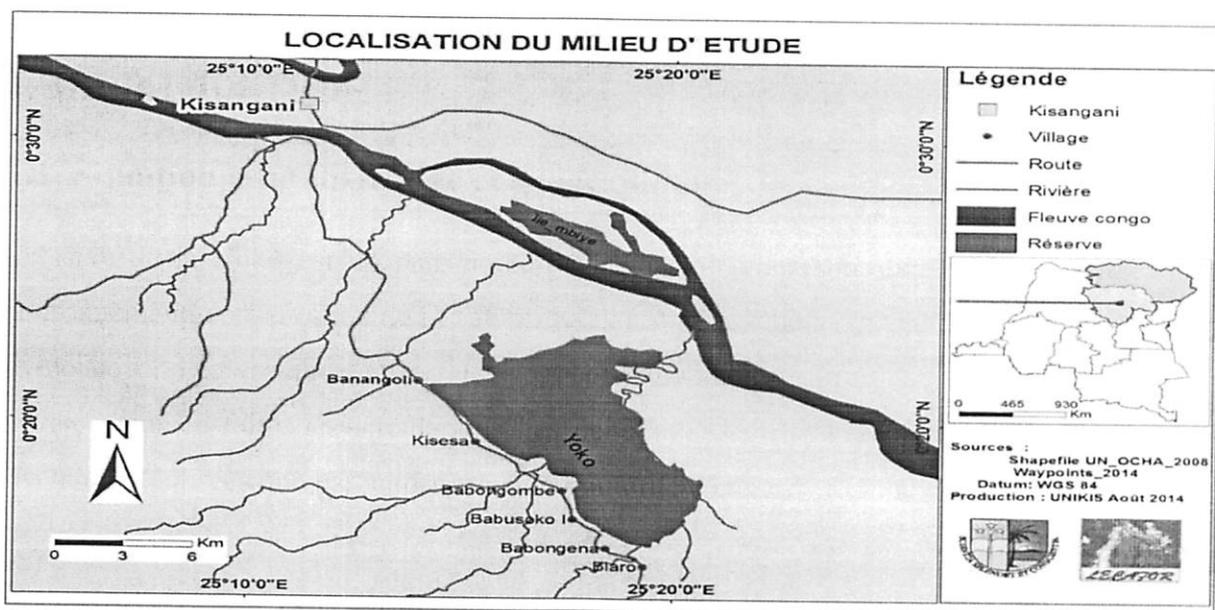


Figure 2 : Localisation de la réserve forestière de la Yoko.

La réserve de la Yoko est régie par l'ordonnance loi N°52/104 du 23/02/1959 du ministère de l'environnement et tourisme (Rapport provincial, 1989).

La réserve forestière de la Yoko qui constitue le cadre de cette étude est située, dans le groupement de KISESA ; collectivité de BAKUMU MANGONGO ; territoire d'UBUNDU ; Province de la TSHOPO.

Elle est baignée par la rivière Yoko qui la subdivise en deux parties :

- Le bloc nord ;
- Et le bloc sud.

C'est au bloc sud que la présente étude a été menée. La réserve de la Yoko est limitée au Nord par la ville de Kisangani, au Sud par et à l'est par la rivière Biaro, à l'Ouest par la voie ferrée et routière reliant Kisangani à Ubundu, le long des quelle elle s'étend à partir des points kilométriques entre 21 et 38 (Lombaet Ndjele, 1998).

2.1.2. Sol de la Réserve de YOKO

La Réserve forestière de Yoko a un sol présentant les mêmes caractéristiques reconnues aux sols de la Cuvette Centrale congolaise. Ce sont des sols ferralitiques (classification française) des forêts tropicales ou encore appelés ferralsols (classification de la FAO) ou encore oxisols (classification USDA) (SYS, 1960 cité par Kumba, 2007).

Généralement le sol est du type sablo-argileux, acide, renfermant de combinaisons à base de sable, pauvre en humus et en éléments assimilables par les plantes, à cause du lessivage dû aux pluies abondantes. Ils ont une fertilité moyenne et conviennent à la culture des plantes ligneuses et associations légumineuses-graminées (Nyakabwa, 1982).

2.1.3. Végétation

Le cadre phytosociologique de cette réserve est défini comme suit :

- la végétation de la partie nord fait partie du groupe des forêts mésophiles sempervirentes, à l'alliance *Gilbertiodendron*, à l'ordre des *Gilbertiodendretalia dewevrei* et à la classe des *Strombosio-Parinarietea* (Lebrun & Gilbert, 1954).

- la partie sud de la réserve appartient au type des forêts mésophiles semi-caducifoliées à *Scorodophloeus zenkeri*, à l'alliance *Oxystigmo-Scorodophloeion*, à l'ordre des *Piptadenio-Celtidetalia* et à la classe des *Strombosio-Parinarietea* (Lebrun & Gilbert, op.cit.).

2.1.4. Hydrographie

La réserve forestière de la Yoko est baignée par la rivière Yoko qui la traverse de l'Ouest vers le Nord-Est. Plusieurs affluents déversent leurs eaux dans cette rivière. Au nord, on rencontre 5 ruisseaux qui déversent leurs eaux dans la rivière Yoko en direction Ouest-Est et dans le sud il existe les ruisseaux qui coulent dans la direction sud-nord. La rivière Biaro qui délimite la réserve dans la partie Est, va se joindre à la Yoko au Nord avant de se jeter dans le fleuve Congo (Lomba, op. cit).

2.2. MATERIELS

Pour bien mener notre étude, nous nous sommes servis de deux types de matériel ; le matériel biologique et le matériel technique.

2.2.1. Matériel biologique

Le matériel biologique est constitué des peuplements à forte densité de l'espèce *Gilletiodendron kisantuense* dans la forêt semi-caducifoliée dans la réserve forestière de la Yoko au bloc sud.

2.2.2. Matériel non biologique (techniques)

Le tableau 1 donne la liste des matériels utilisés pour la réalisation de cette étude.

Tableau 1 : Liste de matériaux standards pour la prise des mesures sur le terrain

Matériels	Utilisation
La boussole	pour l'orientation des layons
Les machettes	pour le déboisement ou ouverture des layons
Deux rubans	pour les mesures de circonférence ou DHP
Une perche de 1,30 m	pour indiquer le niveau de DHP
Les fiches de pointage	pour la prise des données
Un pentadécamètre	pour mesurer les distances
Un GPS	pour la prise des coordonnées géographiques
La peinture	pour matérialiser le niveau de DHP ou marquer les arbres
Un ordinateur portable	pour saisir les données et les analyser
Un stylo+un crayon	pour noter les informations recueillies

2.3. METHODES

2.3.1. Collecte des données

La collecte des données a été faite dans une parcelle permanente au bloc sud de la réserve forestière de Yoko, plus précisément dans la forêt semi-caducifolié à *Gilletiodendron kisanuense*. Nous avons procédé à, un inventaire total de quatre parcelles dans cette forêt. L'objectif était d'inventorier les mêmes tiges inventoriées en 2012 dans ce dispositif. Etant donné que cette étude est la poursuite d'une étude antérieure, il a été question, après avoir rouvert le layon de base de 2,5 Km de long orienté Est-Ouest, de matérialiser à nouveau les parcelles installées dans les zones à forte densité relative de *Gilletiodendron kisanuense* afin d'inventorier à nouveau toutes les tiges de diamètre à hauteur de poitrine supérieure ou égale à 10 cm. Ainsi, quatre placettes permanentes de 0,25 hectare (soit une superficie totale d'un hectare) matérialisées dans un peuplement mature à *G. kisanuense* ont fait l'objet de cette recherche. Tous les pieds d'arbres morts dans les différentes parcelles ainsi que les pieds non identifiés et marqués en 2012 ont été pris en considération pour étudier d'une part, la mortalité et d'autre part, le recrutement dans la forêt en étude. L'accroissement en diamètre a également été calculé étant donné que les DHP des arbres sur pied mesurés en 2012 ont été remesuré en 2016.

2.3.2. Equipe du terrain

L'équipe du terrain pour la récolte des données était constituée de trois personnes dont un identificateur botaniste, un machetteur et un chargé de la prise de notes.

2.3.3. Analyses des données

Le comptage des individus présents dans le peuplement à *Gilletiodendron kisanuense* a permis de déterminer l'abondance de chaque espèce dans la zone étudiée. Le diamètre relevé sur les arbres a permis de calculer la surface terrière occupée par l'espèce, d'établir la distribution des tiges en classes de diamètre de 10 cm et de calculer la biomasse aérienne de chaque arbre pour l'année 2012 et l'année 2016.

2.4. Calcul de paramètres dendrométriques

2.4.1. L'accroissement diamétrique

L'accroissement diamétrique (Δd) entre deux inventaires est la différence entre le diamètre de l'année t_2 et le diamètre de l'année t_1 d'un arbre donné (Favrichon et *al.*, 1998 ; SPIAF, 2007).

$$\Delta d \text{ (annuel)} = (dt_2 - dt_1) / t_2 - t_1$$

Où d = diamètre à la hauteur de poitrine, t = année (avec t_1 et t_2 respectivement l'année initiale et l'année finale de prise des mesures). (valeur ramenée à l'hectare).

Des accroissements négatifs peuvent être obtenus pour plusieurs raisons : perte d'écorce pour les espèces se desquamant, erreur de mesure, etc. Dans ce cas, si l'accroissement négatif est compris entre 0 et -2 mm (limite acceptable d'après Sheil 1995), il sera maintenu. Sinon, ces individus à accroissement négatifs sont supprimés du jeu de données.

2.4.2. Surface terrière

La surface terrière est la section de l'arbre mesurée à la hauteur de la poitrine, c'est-à-dire à 1,30 m au-dessus du sol et est exprimée en mètre-carré par ha (m^2/ha).

Selon Nshimba (2005), la surface terrière d'une espèce correspond à la somme des surfaces terrières de tous les individus de cette espèce et ramener les résultats à l'hectare. Elle est calculée par la formule suivante :

$$ST = G = \frac{n \cdot \pi \cdot D^2}{4} \text{ (en } m^2/ha \text{)} ;$$

où ST (G) = Surface terrière, D = Diamètre, n = nombre total des pieds de chaque essence par hectare (Nshimba, 2005).

2.4.3. Distribution des classes de diamètre

La distribution des classes de diamètre est souvent appelée "structure totale" par les forestiers. Elle peut être envisagée à deux niveaux: le peuplement arborescent dans son ensemble ou les populations d'espèces. Dans les deux cas, il faut s'assurer que l'échantillonnage soit suffisant pour moyenniser les variations locales.

La distribution des grosseurs ou structure diamétrique indique le nombre des tiges inventoriées par classes de diamètre.

2.4.4. Le taux de recrutement

Le recrutement est le passage d'un individu non recensé lors de la campagne d'inventaire précédente vers le diamètre de pré-comptage (dc) qui est de 10 cm (Picard, 2008 ; Nyembo, 2012).

Par conséquent, le taux de recrutement est le rapport entre le nombre d'arbres recrutés entre l'année t_1 et t_2 et le nombre total d'arbres vivants au temps t_1 dont le diamètre est supérieur à celui de recrutement (dc), (Bedel & al., 1998, SPIAF, 2007). Il est calculé par la formule :

$$\text{Taux de recrutement annuel (\%)} = 100 \times \left(\frac{N_{t1,t2}}{N_{t1}} \right) / \Delta t$$

Où $N_{t1,t2}$: effectifs des recrutés entre les années t_1 et t_2 ; N_{t1} : effectifs à l'année t_1 ; $\Delta t = t_2 - t_1$. Pour le cas présent $\Delta = 4$ ans (de 2012-2016)

2.4.5. Le taux de mortalité

Le taux de mortalité est le rapport de la densité des survivants de l'année t sur la densité des arbres adultes dont le diamètre de l'année test supérieur au diamètre de recrutement (Bedel & al., 1998; Durrieu de Madron & al., 1998, SPIAF, 2007 ; Nyembo, 2012). Il se calcul par la formule ci-après:

$$\text{Taux de mortalité annuel (\%)} = 100 \times [1 - (N_t / N_o)^{(1/t)}]$$

Avec t : durée de la période de calcul,

N_o : effectif de départ,

N_t : effectif des survivants de la population de départ après t années. Les arbres recrutés ne sont pas pris en compte.

2.4.6. Calcul d'indices de caractérisation botanique

Pour déterminer les espèces à étudier, précisément en ce qui concerne le volet accroissements diamétriques, les indices ou paramètres suivants sont utilisés dans l'analyse de la composition botanique du peuplement étudié (Lejoly, 1993 cité par Boyemba 2011). Ces analyses sont faites sur le résultat de l'inventaire de 2012 et de 2016.

La densité relative: $Dr = 100 \times \frac{\text{nombre d'individu d'une famille ou d'une espèce}}{\text{nombre total d'individus présents dans l'échantillon}}$

La dominance relative: $Dor = 100 \times \frac{\text{surface terrière d'une famille ou d'une espèce}}{\text{surface totale de l'échantillon}}$

La fréquence relative: $Fr = 100 \times \frac{\text{fréquence d'une espèce}}{\text{total fréquence de toutes les espèces}}$

L'importance relative (Ir), correspond pour une espèce à la somme de sa densité, de sa dominance et de sa fréquence relative; tandis que pour une famille, elle correspond à la somme de sa densité, de sa dominance et de sa diversité relatives.

$Ire = (Dr + Dor + Fr)/3$ et $Irf = (Dr + Dor + Di)/3$ (où e : espèce et f : famille)

2.4.7. Biomasse aérienne et équations allométriques

Elle correspond à la masse de matière végétale ligneuse sèche par unité de surface. L'estimation de la biomasse aérienne des arbres s'est faite à partir des équations allométriques de Brown (1999) en intégrant les paramètres dendrométriques issues de l'inventaire forestier comme indiqué :

$$\text{EXP} (-2,289+2,649*\ln(\text{DHP})-0,021*\ln(\text{DHP})^2)$$

2.4.8. Calcul du stock de carbone forestier

Le calcul du stock de carbone forestier se fait en multipliant la matière sèche de la biomasse aérienne par un facteur de conversion (CF) qui est égal à 0,5 (Thimoty et Brown, 2005).

$$\text{Carbone} = \frac{\text{Biomasse (kg ou t/ha)}}{2}$$

2.3.4. Traitements statistiques

Les données d'inventaire ont été saisies sur le tableur Excel et le tableau croisé dynamique, nous a permis de calculer les moyennes (surface terrière, biomasse, stock de Carbone ...) et les fréquences (densités, classe de diamètre...) de notre échantillon ainsi que l'établissement des histogrammes et des différents tableaux.

Le logiciel R nous a permis de faire le test t-Student pour comparer la biomasse produite et le carbone séquestré entre les deux années (2012 et 2016).

CHAPITRE TROISIEME : PRESENTATION DES RESULTATS

Nous traitons dans ce chapitre, les résultats obtenus dans les quatre parcelles de 0,25 ha chacune de la forêt sémi-caducifoliée à *Gilletiodendron kisantuese* dans la réserve Forestière de la Yoko.

3.1. Analyse générale

Les points ci-dessous donnent les détails sur les caractéristiques structurales et démographiques des peuplements étudiés.

3.1.1. Caractéristiques structurales

3.1.1.1. Densité et surface terrière

Les résultats obtenus des inventaires réalisés dans le peuplement à forte densité de *Gilletiodendron kisantuese* (1 hectare) indiquent que 470 individus ont été dénombrés en 2012 et 454 individus, quatre ans plus tard c'est-à-dire en 2016. On note une diminution des tiges en quatre ans dans les quatre parcelles inventoriées allant de 2 (parcelle 3) à 9 tiges (parcelles 4) (figure 3).

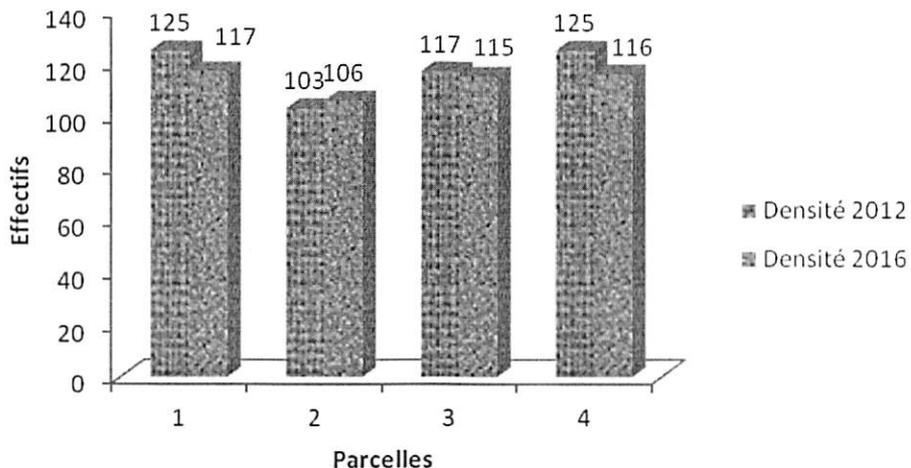


Figure 3 : La densité dans chaque parcelle étudiée en 2012 et 2016 dans la forêt à *G. kisantuese*

Dynamique et évolution de stock de carbone

Quant à la surface terrière, la figure 4 montre que les surfaces terrières (ramenées à l'hectare) sont respectivement de 33,62 m²/ha et de 35,82 m²/ha en 2012 et en 2016. En fonction des parcelles, ces surfaces terrières sont chaque fois plus élevée en 2016 qu'en 2012, excepté pour la parcelle 4.

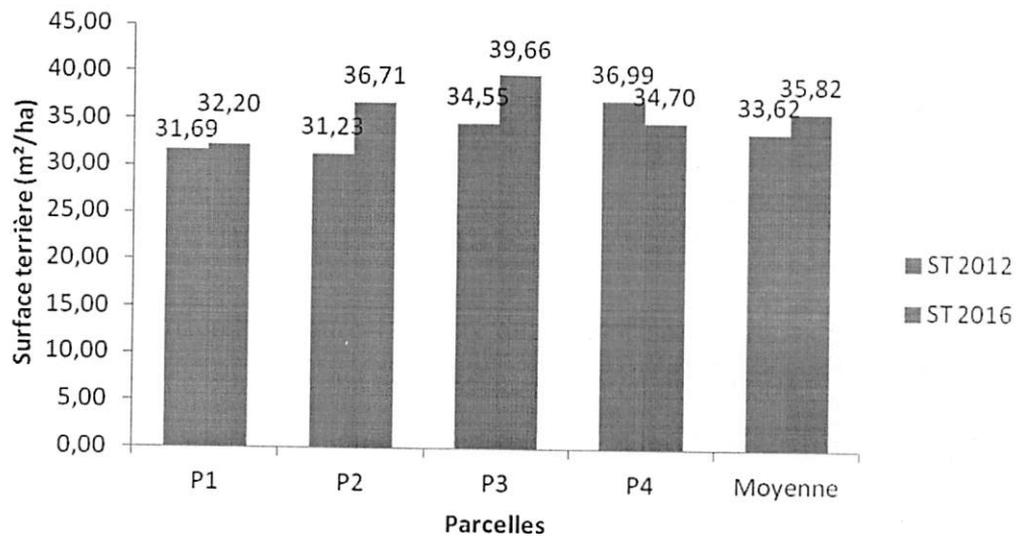


Figure 4 : Surface terrière des parcelles en 2012 et 2016

3.1.1.2. Distribution diamétrique des arbres inventoriés en 2012 et 2016

La figure 5 indique la structure diamétrique des individus inventoriés en 2012 et en 2016.

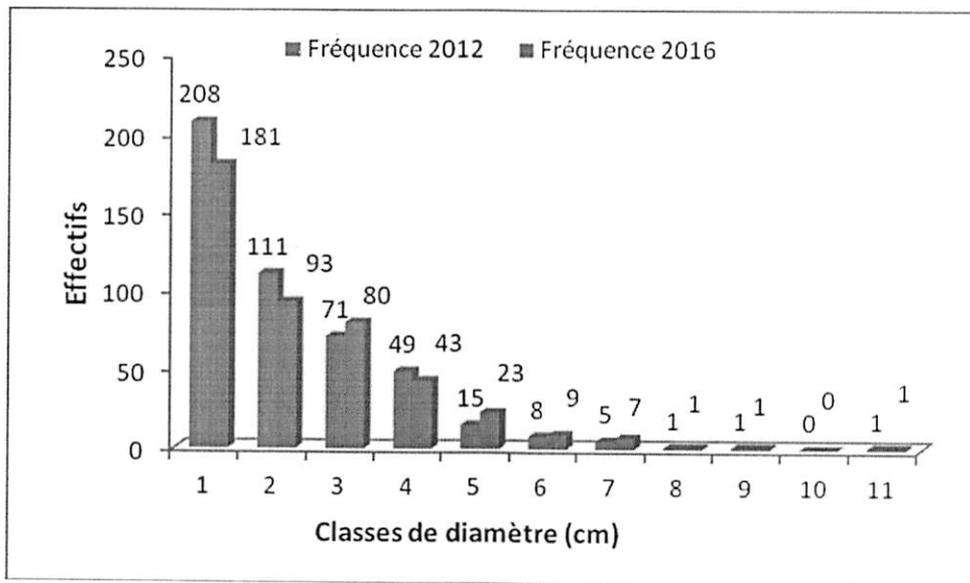


Figure 5 : Distribution des fréquences des tiges en fonction de classes de diamètre

Il ressort de la figure 5 que le nombre d'individus par classe diamétrique décroît très sensiblement avec l'augmentation du diamètre des arbres et ce aussi bien en 2012 qu'en 2016. Alors, la courbe est en forme de I ou J renversé, on trouve un pic de troncs dans la classe 1 de 10-19,9 cm, soit 44,2% sur le total des individus inventoriés dans les quatre parcelles en 2012. En 2016, cette première classe représente 39,9% des individus.

3.1.2. Structure floristique

3.1.2.1. Densité relative

La figure 6 reprend les résultats en rapport avec la densité relative des espèces dans le peuplement en étude.

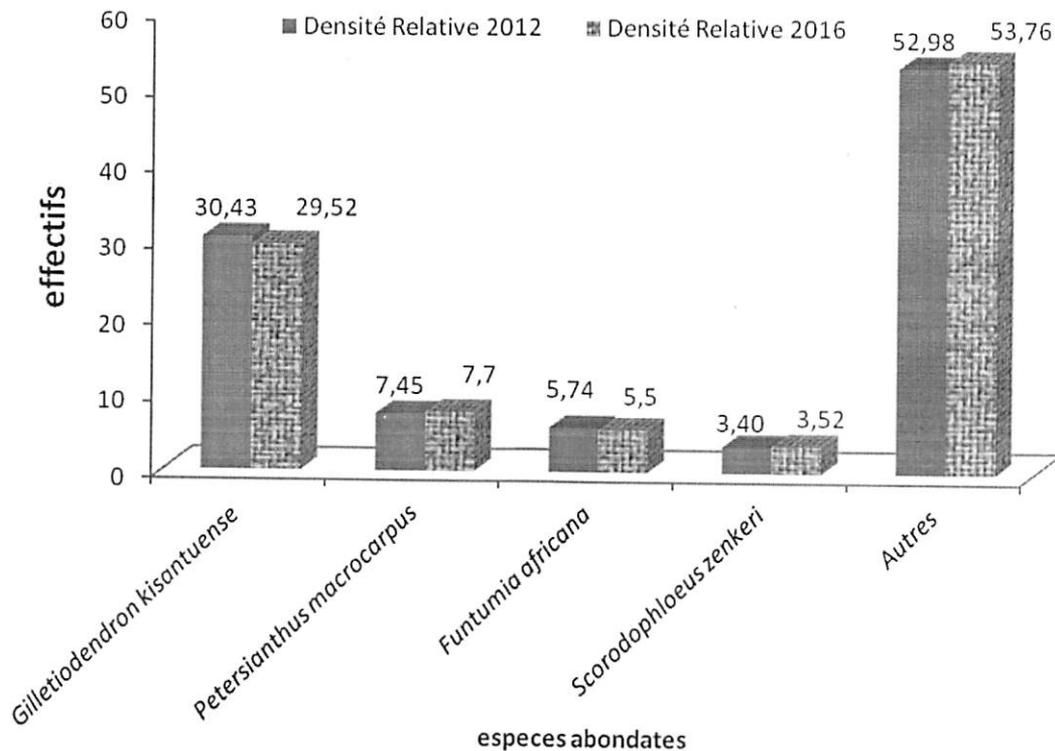


Figure 6 : Densité relative des espèces les plus abondantes en 2012 et en 2016

La figure 6 indique que l'espèce *Gilletiodendron kisantuense* reste la plus abondante de 2012 à 2016 (DR = 30,43 % ; 29,52%), suivie de *Petersianthus macrocarpus*, de *Funtumia africana* et de *Scorodophloeus zenkeri*, les autres espèces sont moins représentées en 2012.

3.1.2.2. Dominance relative des espèces

Il ressort de la figure 7 que l'espèce *Gilletiodendron kisantuense* est dominante, elle est suivie de *Petersianthus macrocarpus*, de *Funtumia africana* et de *Scorodophloeus zenkeri* ; les autres sont moins représentées.

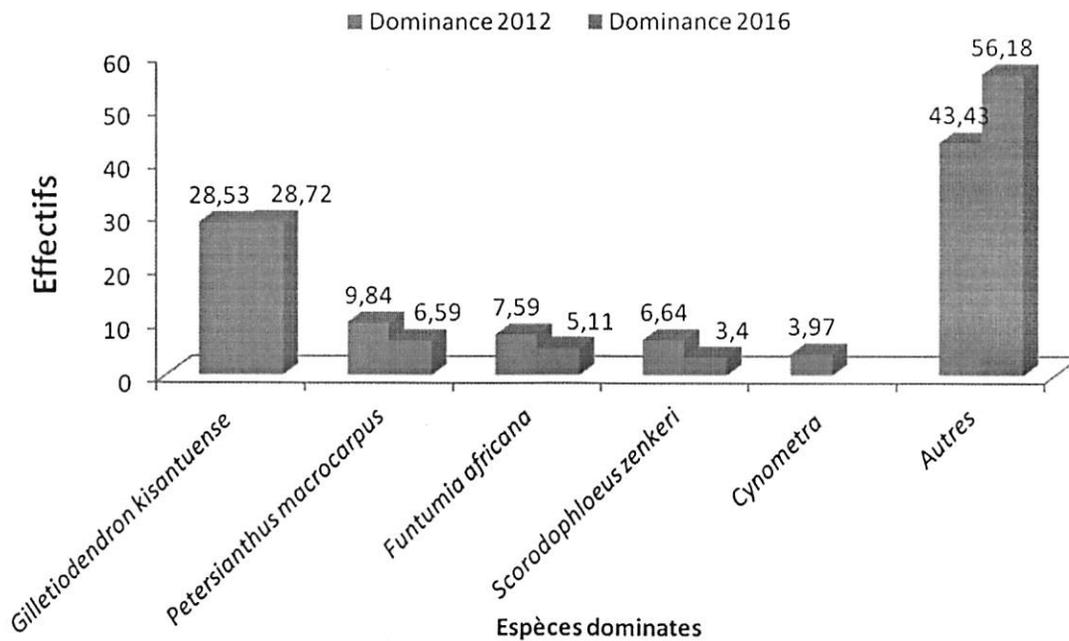


Figure 7 : Dominance relative des espèces

3.1.2.3. Abondance des familles dans le peuplement étudié

Au regard de la figure 8, la famille la plus abondante dans les quatre parcelles étudiées est celle des Fabaceae (45,7%), suivie des Meliaceae, soit (7,4%), Lecythidaceae (7,4%), Apocynaceae (6,4%), Myristicaceae (3,8%), Annonaceae (3,4%), Cannabaceae (3,2%) et les autres ne représentent que 19,7%.

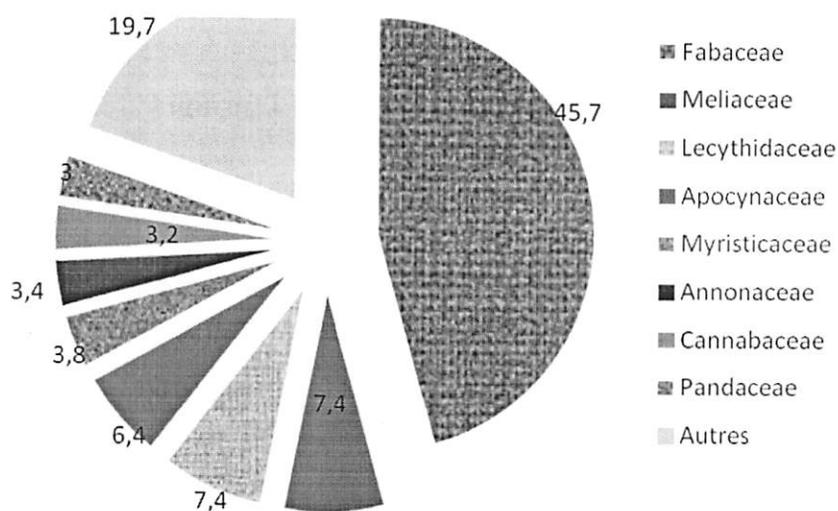


Figure 8 : Abondance des familles du peuplement étudiée

3.2. Caractéristiques démographiques

3.2.1. Le recrutement

Au total, 14 individus ont été recrutés. Les recrues ont été mesurés et marqués à la peinture bleu.

3.2.2. Taux de recrutement

Le tableau 2 montre que, pour un total de 470 individus mesurés pendant la campagne de 2012 et 4 ans après (2016), 14 individus ont été recrutés, soit un taux de recrutement de 0,74 %, cette valeur est proche de 1%.

Tableau 2. Taux de recrutement des individus dans les quatre parcelles étudiées

Effectif initial	Recruté (4 ans)	Taux de recrutement (%)
470	14	0,74

a. Recrutement par familles

Les Fabaceae et les Meliaceae avec 3 individus chacune (soit 21,43 %) sont les familles présentant le plus d'espèces recrutées. Les autres sont parmi les moins représentées (figure 9).

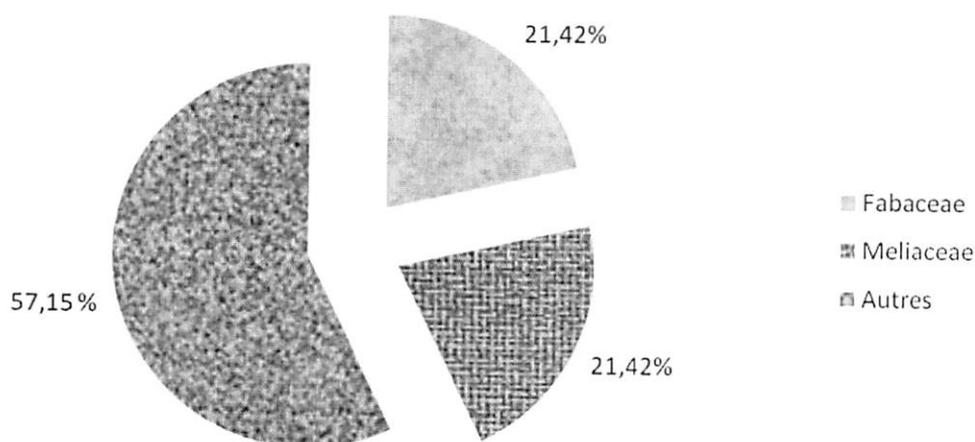


Figure 9. Recrutement par famille

b. Recrutement par espèces

L'espèce *Gilletiodendron kisanuense* et *Trichilia prieureana* représentent chacune 14,26 pourcent des espèces recrutées soit deux individus sur un total de 14 (figure 10).

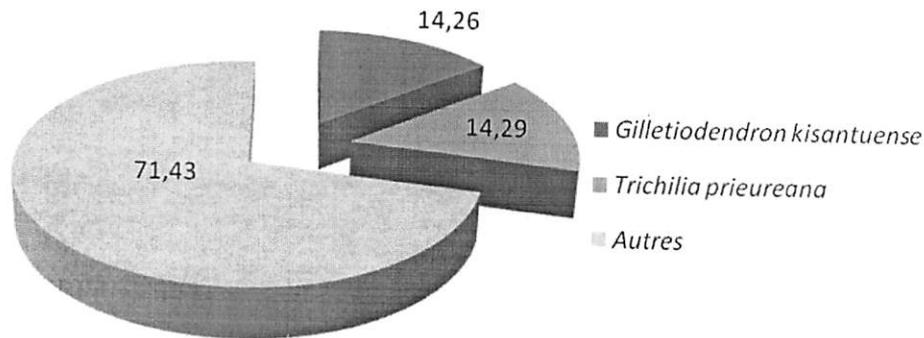


Figure 10 : Recrutement par espèces

3.2.3. Mortalité

Au total, 30 individus sont morts lors de notre deuxième inventaire dans la forêt à *Gilletiodendron kisanuense*

3.2.4. Taux de mortalité naturelle

Après 4 ans, il ressort du tableau 3 que 30 individus sont morts sur un effectif initial des 470 individus inventoriés en 2012, soit un taux de mortalité de 1,64%.

Tableau 3 : Taux de mortalité des individus au sein de la forêt à *Gilletiodendron kisanuense*

Effectif initial	Morts (4 ans)	Taux de mortalité (%)
470	30	1,64

a. Mortalité par famille

Au regard de la figure 11 il ressort que les arbres qui meurent les plus appartiennent principalement aux familles de Fabaceae , (soit 41,37% d'individus), Apocynaceae (13,79%) et Lecythidaceae (13,79%) et les autres une proportion de 31,04%.

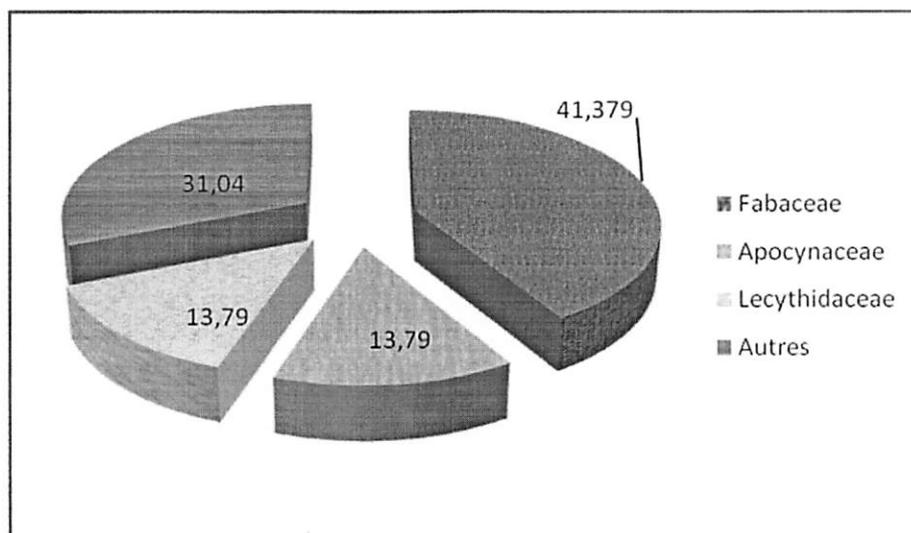


Figure 11 : Mortalité par famille

b. Mortalité par espèces

La figure 12 montre que l'essence *Gilletiodendron kisantuense* avec une proportion de 27,58% a plus d'individus morts. Il est suivi par le *Petersianthus macrocarpus* (13,79%) et de *Funtumia africana* (10,34%).

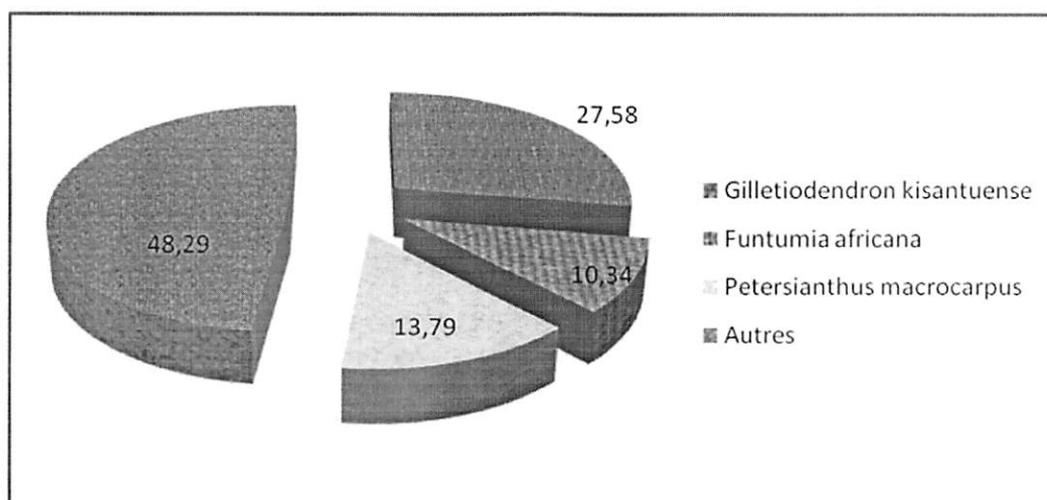


Figure 12 : Mortalité par espèces

c. Mortalité par classe de diamètre

Il ressort de la figure 13 que plus d'individus morts appartiennent à la classe 1 (10-19,9 cm) avec 70 % de tiges mortes. Ce nombre va ensuite en diminuant avec l'augmentation des

classes de diamètre dans l'ensemble des parcelles étudiées. Les tiges mortes ont été enregistrées uniquement pour les tiges de moins de 50 cm de DHP.

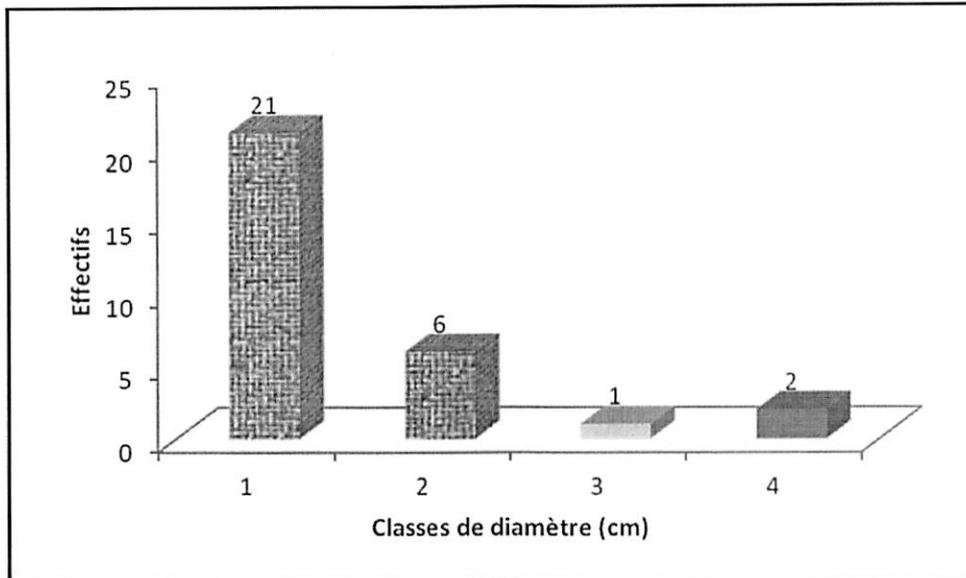


Figure 13 : Mortalité des individus par classe de diamètre

d. Mortalité par catégories d'arbres

La figure 14 indique que des arbres morts, 6 pieds sur 30 ont été coupés par les populations riveraines pour la construction des maisons (soit 20 %) alors que 24 individus sont mort sur pied (80%).

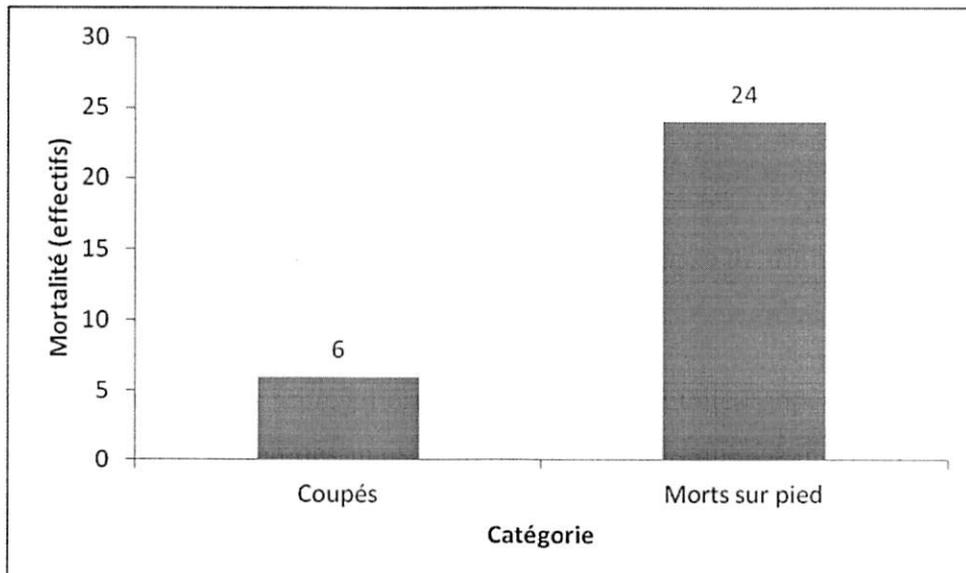


Figure 14 : Mortalité par catégorie d'arbres

e. Mortalité par catégories d'arbres morts

La figure 15 ressort la catégorie d'arbres morts. On peut noter que les arbres morts sur pied représentent un effectif de 24 tiges mortes sur pied, soit 80% et 6 tiges coupées, soit 20% des individus qui sont coupés.

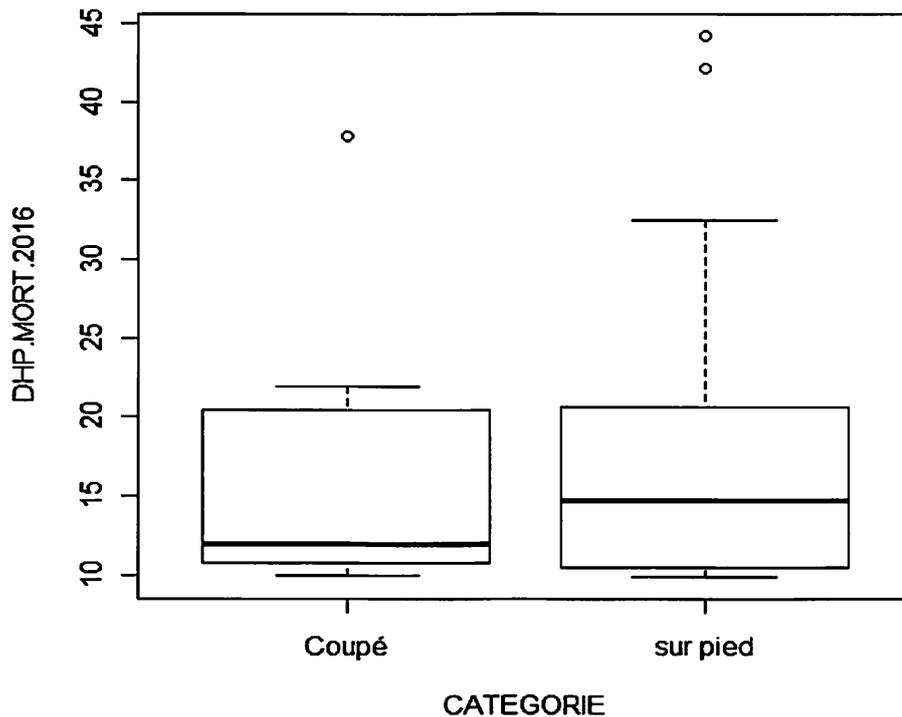


Figure 15 : Dispersion des catégories de la mortalité.

La figure 15 montre 50 % des mortalités observées dans les 4 Parcelles. La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % de la mortalité et la barre épaisse à l'intérieur de la boîte indique la moyenne ; la barre basse indique la mortalité minimale c.à.d qu'elles sont coupées et la barre haute, indique la mortalité maximale de celles qui sont mortes sur pied soit $t = -0.2319$, $df = 9.866$, $p\text{-value} = 0.8213$. Les arbres représentés par les points en dehors du quartile ne sont pas pris en compte.

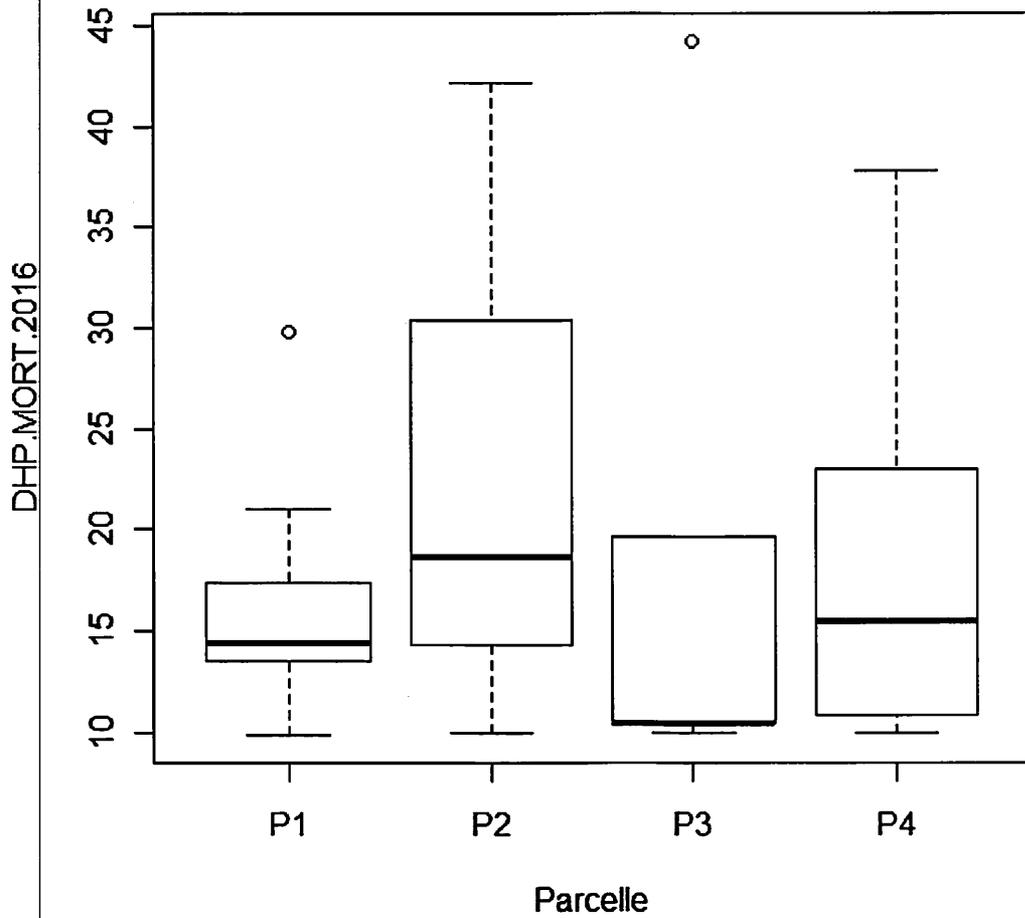


Figure 16 : dispersion de la mortalité par parcelle

Cette figure de la dispersion montre 50% de la mortalité des individus dans chaque parcelle lors de notre inventaire en 2016 ; la parcelle 2 perd souvent des individus, suivie de la parcelle 4

e. Bilan démographique

Le tableau 4 donne les valeurs obtenues pour la mortalité, le recrutement et l'accroissement diamétrique au sein de 4 parcelles de la parcelle permanente dans la forêt « semi-caducifoliée » au bloc sud de la Yoko. Au total, 440 arbres vivants ($d_{hp} \geq 10$ cm) dont 14 arbres recrutés, 30 morts et le résultat des accroissements diamétriques moyens est de 0,30 cm.

Tableau 4 : Bilan démographique

Paramètres	Effectifs	Valeur annuelle
Accroissement Δd (cm/an)	440	0,30
Mortalité (%)	30	1,64
Recrutement (%)	14	0,74

3.3. Evolution de la biomasse et du stock de carbone dans la forêt

Les figures 17 et 18 donnent respectivement, l'évolution de la biomasse et du stock de carbone dans la forêt en étude de 2012 à 2016.

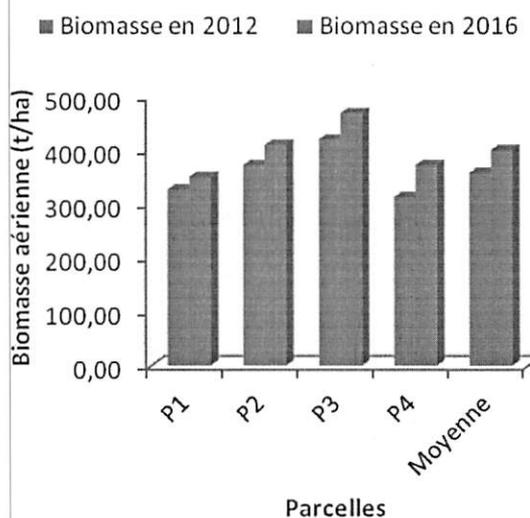


Figure 17 : Biomasse des peuplements étudiés

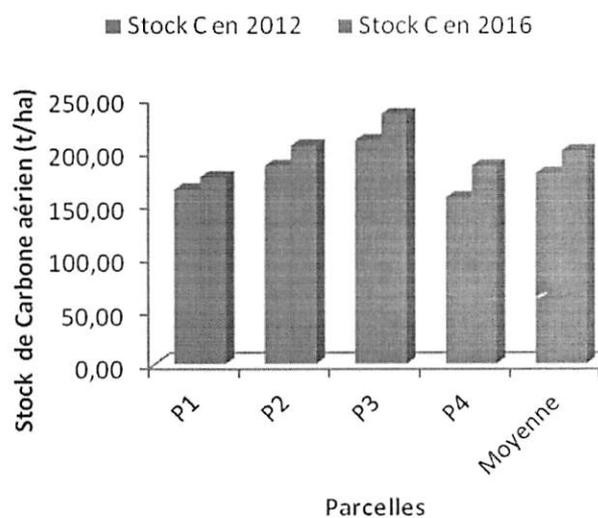


Figure 18 : Stock de Carbone des peuplements étudiés

La figure 17 renseigne que, dans les parcelles étudiées, la quantité moyenne de la biomasse des arbres à $D_{hp} \geq 10$ cm est estimée à 357,80 t/ha en 2012 et 400,21 t/ha en 2016.

Consécutivement, le stock de carbone emmagasiné (figure 18) dans ces peuplements équivaut à la moitié de la biomasse. Ces biomasses et ces stocks de carbone aérien ne sont pas significativement différents entre 2012 et 2016 au regard des résultats du test de student ($t = -1,19$; $p\text{-value} = 0,28 < 0,05$).

3.4. Les accroissements diamétriques

La figure 19 ressort les accroissements diamétriques des espèces les plus importantes dans la forêt étudiée. Ces accroissements sont en moyenne de 0,30 cm/an pour l'ensemble des espèces étudiées. Pour les espèces les plus importantes, ils varient de 0,29 cm/an (*Funtumia africana*) à 0,41 cm/an (*Gillettodendron kisantuense*).

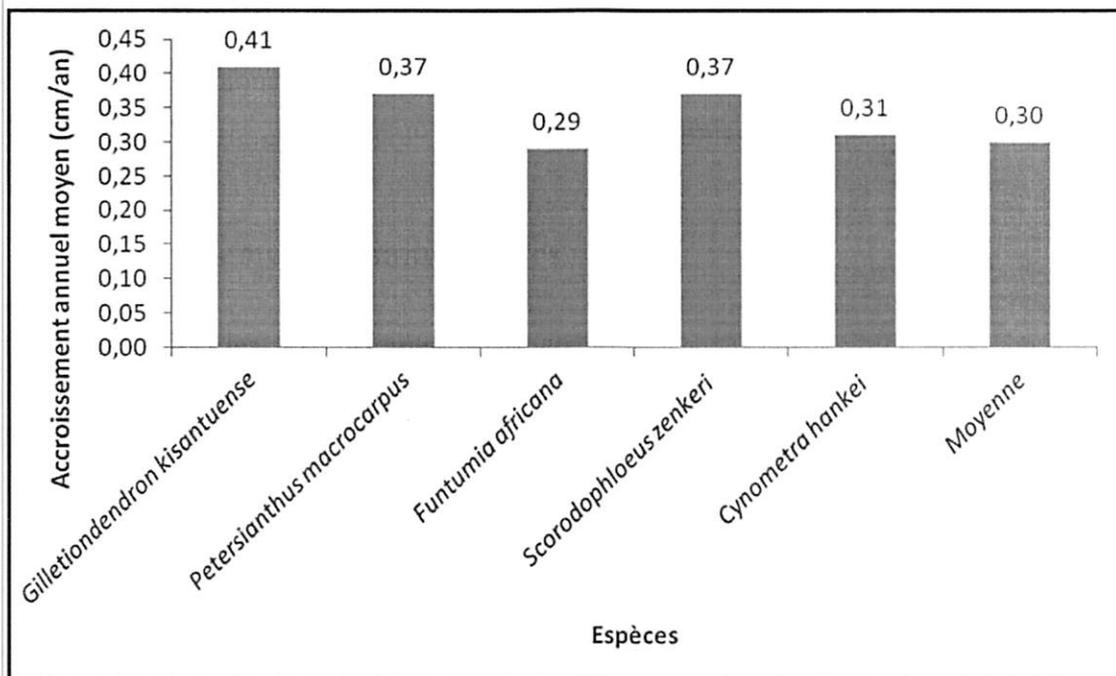


Figure 19 : Accroissements en diamètre (cm/an)

CHAPITRE QUATRE : DISCUSSIONS DES RESULTATS

Nous avons travaillé dans quatre parcelles permanentes, sur une superficie de 1 hectare où nous avons procédé par un inventaire systématique.

470 ont été identifiés en 2012 et 454 en 2016 pour atteindre nos objectifs. Une forêt à *G. kisanuense* a fait l'objet de notre étude. Les données issues de deux inventaires à intervalle de 4 ans nous ont permis de calculer la surface terrière, à partir de des diamètres correspondants (dhp), le recrutement, la mortalité et les accroissements en dhp.

Ce chapitre discute nos résultats avec ceux obtenus dans d'autres écosystèmes.

4.1. Un bilan démographique

Les résultats obtenus par cette étude indiquent un taux de mortalité de 1,64%, ce taux n'est pas éloigné de la valeur estimée de 1% (Esteve, 2001). Il est compris dans la fourchette de 1-2% signalée par Lejoly, (2000).

Le taux de recrutement observé dans le dispositif de YOKO au Bloc Nord de 3,50% par Nyembo (2012) est relativement élevé par rapport à nos résultats et à ceux obtenus en République centrafricaine dans la forêt de Ngoto et de Dja respectivement de 1,2 et 1,04% (Lejoly op.cit), qui, par ailleurs se rapprochent des nôtres. Néanmoins, dans la région du lac Maï-Ndombe, des valeurs plus élevées (8,62% et 3,91%) sont également enregistrées dans le groupement à *Picralima nitida* et *Millettia laurentii* (Menga, 2011).

Contrairement aux résultats de Nyembo (2012), le bilan démographique de notre étude montre que le recrutement ne compense pas la mortalité ; ce qui conduit à une diminution du nombre d'individus dans le peuplement, passant de 470 à 454 arbres/ha après quatre ans ; on peut également penser que ce peuplement serait en régression. Comme Nyembo (2012), dans la partie nord de la réserve de Yoko. Dans cette recherche les valeurs de la biomasse ainsi que du stock de carbone obtenue (respectivement 357,8 t/ha et 178,90 t/ha en 2012 puis 400,21 t/ha et 200,11 t/ha en 2016) sont supérieures aux estimations moyennes de la biomasse faites en fonction de type de forêt : 323 t/ha pour les forêts denses humides sempervirentes et 291 t/ha dans les forêts denses humides semi-décidues et 207 t/ha, pour les forêts décidues (FAO,

2010) et en général, la biomasse dans les forêts anciennes est estimée à 330,2 t/ha. Au regard des gains annuels de stockage de carbone, il apparaît que la forêt semi caducifoliée de la réserve de Yoko en étude est un puits potentiel et stock de quantité énorme de carbone.

4.2. Accroissements diamétriques

La moyenne des accroissements en diamètre est de - 0,30 cm/an pour l'ensemble des espèces conformes aux résultats de certains auteurs ; notamment en Malaisie (Manokoran et Kochummen, 1987) relèvent un accroissement diamétrique compris entre 0,15 et 0,25 cm/an. En Guyane Française (Prévost et Puig 1981) ainsi qu'au Gabon (Hladik 1982), estiment l'accroissement à 0,16 cm/an. En outre, Mengin-Lecreux(1990), a trouvé que dans des dispositifs permanents de Côte-d'Ivoire, les accroissements annuels moyens varient de 0,5 à 1 cm/an, pour les diamètres. Toutefois, ces mêmes auteurs, trouveront qu'en Guyane, dans le dispositif de Paracou, en peuplement témoin, toutes espèces confondues, les accroissements moyens évalués sur une période de 5 ans sont inférieurs à ceux de Côte-d'Ivoire et varient de 0,08 cm/an à 0,24 cm/an, pour les diamètres des arbres compris entre 10 et 100 cm.

Au regard des résultats obtenus par la présente étude, nous pouvons affirmer que notre première hypothèse est confirmée étant donné que les accroissements diamétriques n'ont pas été les mêmes pour les espèces les plus importantes.

La deuxième hypothèse est à moitié confirmée étant donné que le taux de recrutement obtenu (0,74%) est proche de la valeur de 1% fixé par l'administration forestière. Toutefois, le taux de mortalité (1,64%) est inférieur au taux (7%) adopté par la même administration.

Bien que le taux de mortalité est supérieur au taux de recrutement, les stocks de carbone en 2016 passe de 178,9 à 200,1 t/ha.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

1. CONCLUSION

La dynamique et l'évolution des stocks de carbone dans la forêt semi-caducifoliée à *Gilletiodendron kisantuense* dans le bloc nord de la réserve forestière de la Yoko a fait l'objet de la présente étude.

Ainsi, dans un dispositif permanent au bloc sud de la réserve forestière de Yoko, tous les arbres mesurés en 2012 ont été remesurés en 2016, soit 4 ans plus tard. La mortalité, le recrutement et les accroissements diamétriques ont été étudiés.

Il ressort des résultats obtenus que :

- Les effectifs sont passés de 470 en 2012 à 454 individus par hectare en 2016 ;
- Le taux de mortalité de 1,64 % est supérieur au taux de recrutement (0,74%) ; ce qui explique la diminution des effectifs d'année en année ;
- L'accroissement diamétrique moyen est de 0,30 cm. Il est de 0,41 cm pour *Gilletiodendron kisantuense*, de 0,37 cm pour *Petersianthus macrocarpus* et de 0,29 cm pour *Funtumia africana* ;
- Le stock de carbone obtenu est passé 178,90 t/ha en 2012 à 200,11 t/ha en 2016 à cause de l'augmentation diamétrique des arbres restés vivants.

2. Suggestions

Eu égard aux résultats obtenus ci-haut, nous recommandons :

- Qu'une étude similaire soit répétée dans des zones contiguës à faible densité de *G. kisantuense* et à dominance de *Petersianthus macrocarpus* (où *G. kisantuense* est absente) en vue de mieux cerner la dynamique de ces deux essences principales de la forêt en étude. En effet, l'étude qui a précédé la nôtre (Ibanda, 2012) avait montré une tendance à la diminution de la densité de *G. kisantuense* quand la densité de *Petersianthus macrocarpus* augmentait et vice-versa ;
- Dans le cadre de Reboisement d'autres chercheur peuvent établir un model paramétrique que permet de faire une régression multiple de différent paramètres

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baker, T. R., M. D. Swaine, and D. F. R. P. Burslem. 2003.** Variation in tropical forest
- Boyemba B.F., 2006.** Diversité et régénération des essences forestières exploitées dans les forêts des environs de Kisangani (RDC) ; Mémoire Présenté en vue de l'obtention Du Diplôme d'Etudes Approfondies sn sciences biologiques. Université libre de Bruxelles
- Boyemba B.F., 2011.** Ecologie de *pericopsis elata* (harms) van meeuwen (fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse présentée pour l'obtention du titre de docteur en sciences. Université libre de Bruxelles
- Bullock, S. H. 1997.** Effects of seasonal rainfall on radial growth in two tropical tree species. International Journal of Biometeorology.
- Carole Megevand., 2013.** Dynamiques de déforestation dans le bassin du Congo. 201p
- Cas d'*Austranella congolensis* (De Wild). A. Chev., de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et « *Drypetes likwa* (J. Léonard. nomen) » 133p.
- Chave, 2000 : Dynamique spatio-temporelle de la forêt tropicale 157p**
- Clark, D. A. 2004.** Sources or sinks. The response of tropical forests to current and future climate and atmospheric composition. Philosophical transactions - Royal Society of London. Biological Sciences. 359:477-491.
- Cramer, W., A. Bondeau, S. Schaphoff, W. Lucht, B. Smith, and S. Sitch. 2004.** Tropical forests and the global carbon cycle: impacts of atmospheric carbon dioxide, climate change and rate of deforestation. Philosophical transactions - Royal Society of London. Biological Sciences.
- Doucet, J.L, Dissaki A., Mengome A., Issembe Y., 2007.** Dynamiques de peuplement forestier d'Afrique centrale, ATIBT
- Durrieu de Madron, L., Forni, E., Karsenty, A., Loffeier, E. et Pierre, J. M., 1998.** Le projet d'aménagement pilote intégré de Dimako, Cameroun, 1992 -1996. CIRAD-Forêt, Montpellier, France, Forafri 7, 160 p.
- Ebuy 2009 :** Estimation du stockage de carbone dans les plantations de l'I.N.E.R.A.-Yangambi à Yangambi (R.D.Congo) :
- Esteve J., 2001.** Etude sur le plan pratique d'aménagement des forêts naturelles de production tropicales africaines. Volet I, Production forestière, ATIBT, Paris, 91 p.

- Fournier, F. & Sasson, A., 1983** : Ecosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique. OSTROM-UNESCO, 473p.
- growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6:21-36.
- GIEC. 2001.** Bilan 2001 des changements climatiques: mesures d'atténuation. Rapport du groupe de travail III du GIEC. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 93 p.
- Ibanda, B., 2012** : 'Etude écologie des forêts semi-décidues à *Gilletiodendron kisanuense* dans la partie nord de la réserve forestière de la Yoko (Ubundu, RD Congo) DEA inédit, FS/UNIKIS. 71p.
- INEAC, 1952.** Flore du Congo Belge et du Rwanda-Urundi. Spermatophytes. Volume III. Bruxelles, pp 283-285.
- Lebrun, J., et Gilbert, G., 1954.** Une classification écologique des forêts du Congo. Publ. INEAC, Série Sc. N° 63 : 89 p.
- Lejoly J., 2000.** Les recherches sur la biodiversité végétale dans les 6 sites du programme Ecofac entre 1997 et 2000 ; Rapport final de synthèse.
- Lomba, B-L., 2007:** Contribution à l'étude de la phytodiversité de la réserve forestière de la Yoko, Mémoire DES inédit, Fac. Sci. Unikis.189 p.
- Lomba, B. L. et Ndjele, M-B., 1998.** Utilisation de la méthode de transect en vue de l'étude de la phytodiversité dans la réserve de Yoko (Ubundu, RDC). Annales (11) FS/UNIKIS, pp35- 46.
- Lomba, B.L., 2011.** Systèmes d'agrégation et structures diamétriques en fonction des tempéraments de quelques essences dans les dispositifs permanents de Yoko et Biaro (Ubundu, Province Orientale, R. D. Congo). Thèse de doctorat. Université de Kisangani. 239p.
- Madelaine A.C., 2009.** Dynamique des peuplements forestiers tropicaux hétérogènes : variabilité inter et intraspécifique de la croissance des arbres et trajectoires de développement en forêt dense humide sempervirente. Doctorat d'Écologie Quantitative, Université de Montpellier 2, 202 p.
- MBAYU, 2006** :Etude dendrométrique de la foret mixte de la Yoko, Province Orientale (RDC). 48p UNIKIS/RDC.

Dynamique et évolution de stock de carbone

- Menga, M. P., 2011.** Ecologie des peuplements naturels de *Millettia laurentii* De Wild. (Wenge) dans la région du lac Maï-Ndombe (RD Congo). Thèse de doctorant, FS/ UNIKIN, 190 p + annexes
- Miles, E.L. 2004.**Beyond the Kyoto/Marrakech protocol: options and stratégies, p.2335.
- Ministère de l'environnement du Canada. 2005.** Une introduction au changement climatique - Une perspective canadienne. Toronto, Canada, 55 p.
- Nshimba, S. 2005.** L'étude floristique, écologique et phytosociologique des forêts inondées de l'Ile Mbiye à Kisangani, R.D. Congo, DEA, ULB, Labo. Syst. Phyt, 101p
- Nyakabwa, M., 1982.** Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani. Thèse de doctorat, Vol I, II et III, FS / UNIKIS, 998 p.
- Nyembo, K., 2012.** Contribution à l'étude de la dynamique forestière : accroissement diamétrique et évolution du stock de carbone dans la forêt semi-caducifoliée de la réserve de Yoko (Ubundu, RD Congo). DEA inédit, FS/UNIKIS, 46 p.
- Oldeman, R. A. A. 1990.** Forest: elements of silvology. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- PASCAL, J.-P. 1995.** Quelques exemples de problèmes posés à l'analyste et au modélisateur par la complexité de la forêt tropicale humide. — Revue d'Écologie (La Terre et la Vie) , vol. 50, n° 3, 1995, pp. 237-249.
- Pascal, J.P. 2003.** Notions sur les structure et dynamique des forêts tropicales humides 13p.
- Peacock, J., T. R. Baker, S. L. Lewis, G. Lopez-Gonzalez, and O. L. Phillips. 2007.** The RAINFOR database: monitoring forest biomass and dynamics. Journal of Vegetation Science 18:535-542.
- Phillips, O. L., Lewis S. L., Baker T. R., Chao K.-J., and Higuchi N.. 2008.** The changing Amazon forest. Philosophical transactions - Royal Society of London. Biological Sciences.
- Phillips, O. L., Lewis S. L., Baker T. R., Chao K.-J., and Higuchi N.. 2008.** The changing Amazon forest. Philosophical transactions - Royal Society of London. Biological Sciences.
- Picard, N. et Gourlet-F, S., 2008 :** Analyse des données de pré inventaire de Yoko. UPR « Dynamique des forêts naturelles », Libreville, Gabon, pp 2.
- Point Carbon. 2005b.** Pays assujettis au Protocole de Kyoto. Page consultée le 9 juin 2006. Pollution. 64: 213-227.

- SAMBAKHE Diariétou 2012** : Analyse des sources de biais dans les modèles de croissance forestière dus aux changements d'échelle d'application
- Shell, D. 1995.** A critique of permanent plot methods and analysis with examples from Budongo Forest, Uganda. *Forest Ecology and Management* 77:11-34.
- SPIAF, 2007.** Guide opérationnel. Modèle de calcul de la possibilité forestière. MECNT, Eaux et Forêts, RDC, pp 17-18
- Sys C., 1960.** Carte de sol et de la végétation du Congo Belge et du Rwanda-Burundi. Notice explicative de la carte des sols du Congo et du Rwanda-Burundi. Publ, INEAC, Bruxelles, 84 p.
- Tailfer, Y., 1989.** La forêt dense d'Afrique centrale. Identification pratique des principaux arbres.
- Timothy P. et Brown S., 2005.** Guide de mesure et de suivi du carbone dans les forêts et prairies Herbeuses. Winrock International. Ecosystem Services Unit 1621 N. Kent St, Suite 1200 Arlington, VA 22209, 39 p.
- TORQUEBLAU (E.) 1981.** — Analyse architecturale de la forêt de Los Tuxtlas (Veracruz). — Montpellier :Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 1981. — 185 p. (Thèse).

Annexes

Annexes 1 : la quantité de biomasse et du carbone séquestré en 2012 et 2016

	BIOMASSE en t/ha			CARBONE en t/ha		
	2012	2016	Ecart-types	2012	2016	Ecart-types
Gilletiodendron kisantuense	0,682	0,784	0,84±0,93	0,341	0,92	0,422±0,469
Petersiantus macrocarpus	1,042	1,189	1,19±1,34	0,521	0,594	0,599±0,671
Funtumia africana	1,013	1,116	0,94±1,05	0,506	0,558	0,473±0,529
Scorodophloeus zenkeri	1,643	1,777	1,54±1,63	0,821	0,888	0,773±0,819
Cynometra hankei	4,382	4,604	±8,227	2,191	2,302	4,113±

Annexe 2 : dominance par espèce.

Gilletiodendron kisantuense	28,94
Trichilia prieureana	21,28
Petersianthus macrocarpus	5,32
Scorodophloeus zenkeri	3,4
Autres	41,06

Annexe 3 : recrutement par famille

Fabaceae	37
Meliaceae	17
Annonaceae	9
Malvaceae	8
Pandaceae	7
Rubiaceae	5
Cannabaceae	5
Phyllanthaceae	4
Strombosiaceae	3
Euphorbiaceae	2
Lecythidaceae	2

Dynamique et évolution de stock de carbone

Myristicaceae

1

Annexe 4 : Surface terrière, carbone, biomasse

CARB : Carbone séquestré en 2012 et 2016

BIOM : Biomasse produite en 2012 et 2016

ST : Surface Terrière en 2012 et 2016

Parcelle	CARB 2012 t/ha	CARB en t/ha 2016	BIOM2012 en t/ha	BIOM 2016 en t/ha	ST 2012	ST 2016
P1	0,090	0,232	0,180	0,463	0,025	0,054
P1	1,747	0,289	3,495	0,577	0,272	0,064
P1	0,557	0,591	1,114	1,183	0,109	0,114
P1	0,066	0,066	0,131	0,131	0,020	0,020
P1	0,172	0,172	0,345	0,345	0,043	0,043
P1	0,100	0,109	0,201	0,217	0,028	0,030
P1	0,078	0,078	0,156	0,156	0,023	0,023
P1	0,607	0,089	1,214	0,177	0,116	0,025
P1	0,090	0,631	0,180	1,262	0,025	0,120
P1	0,167	0,204	0,334	0,408	0,042	0,049
P1	2,679	3,176	5,357	6,352	0,385	0,442
P1	0,362	0,655	0,724	1,311	0,018	0,124
P1	0,192	0,190	0,383	0,379	0,077	0,046
P1	0,042	0,045	0,084	0,090	0,046	0,015
P1	0,262	0,320	0,523	0,640	0,014	0,070
P1	0,114	0,112	0,229	0,223	0,059	0,030
P1	0,042	0,043	0,084	0,087	0,031	0,014
P1	0,133	0,158	0,265	0,316	0,014	0,040
P1	0,023	0,025	0,046	0,050	0,035	0,009
P1	0,112	0,113	0,223	0,226	0,009	0,030
P1	0,052	0,068	0,104	0,136	0,030	0,020
P1	0,513	0,651	1,027	1,302	0,017	0,123
P1	0,639	0,664	1,278	1,327	0,102	0,125
P1	0,149	0,133	0,298	0,265	0,121	0,035
P1	0,503	0,506	1,005	1,012	0,038	0,101
P1	6,090	6,183	12,180	12,365	0,100	0,759
P1	0,647	0,790	1,294	1,581	0,024	0,144
P1	0,419	0,475	0,839	0,950	0,008	0,096
P1	0,022	0,023	0,044	0,046	0,749	0,009
P1	0,356	0,478	0,712	0,957	0,009	0,096
P1	0,410	0,410	0,820	0,820	0,122	0,085
P1	0,385	0,435	0,771	0,870	0,087	0,089

Dynamique et évolution de stock de carbone

P1	0,059	0,062	0,117	0,123	0,015	0,019
P1	0,032	0,039	0,064	0,077	0,059	0,013
P1	1,632	1,837	3,264	3,674	0,008	0,284
P1	0,236	0,238	0,472	0,477	0,076	0,055
P1	0,020	0,021	0,040	0,041	0,085	0,008
P1	0,063	0,072	0,125	0,144	0,081	0,021
P1	0,404	0,465	0,807	0,930	0,037	0,094
P1	0,031	0,034	0,062	0,068	0,018	0,012
P1	0,019	0,021	0,038	0,043	0,011	0,008
P1	0,158	0,180	0,316	0,360	0,258	0,044
P1	0,085	0,087	0,170	0,175	0,055	0,025
P1	1,129	1,246	2,259	2,493	0,008	0,207
P1	0,426	0,777	0,851	1,553	0,018	0,142
P1	0,025	0,025	0,050	0,049	0,019	0,009
P1	0,053	0,052	0,106	0,104	0,084	0,017
P1	0,021	0,021	0,043	0,041	0,011	0,008
P1	0,301	0,345	0,603	0,689	0,008	0,074
P1	0,946	0,886	1,892	1,771	0,040	0,158
P1	0,156	0,172	0,312	0,345	0,024	0,043
P1	0,482	0,599	0,964	1,198	0,192	0,115
P1	0,146	0,153	0,292	0,305	0,088	0,039
P1	0,060	0,061	0,119	0,121	0,009	0,019
P1	0,046	0,056	0,092	0,111	0,017	0,017
P1	0,031	0,033	0,063	0,066	0,008	0,011
P1	0,076	0,091	0,151	0,182	0,066	0,026
P1	0,368	0,394	0,735	0,789	0,166	0,082
P1	0,200	0,208	0,399	0,416	0,039	0,049
P1	0,107	0,106	0,215	0,212	0,097	0,029
P1	0,279	0,284	0,557	0,567	0,037	0,063
P1	0,266	0,279	0,533	0,557	0,018	0,062
P1	0,072	0,071	0,144	0,142	0,015	0,021
P1	0,026	0,026	0,052	0,052	0,011	0,009
P1	0,022	0,022	0,044	0,044	0,022	0,008
P1	0,359	0,385	0,718	0,771	0,078	0,081
P1	0,136	0,141	0,272	0,282	0,048	0,036
P1	1,755	1,867	3,510	3,735	0,029	0,287
P1	0,163	0,172	0,327	0,345	0,062	0,043
P1	0,472	0,462	0,943	0,923	0,060	0,093
P1	0,074	0,090	0,149	0,180	0,021	0,025
P1	0,019	0,025	0,037	0,050	0,009	0,009
P1	0,146	0,210	0,292	0,420	0,008	0,050
P1	0,102	0,123	0,203	0,247	0,076	0,033
P1	0,388	0,535	0,777	1,070	0,035	0,105
P1	0,107	0,112	0,215	0,223	0,273	0,030
P1	0,026	0,026	0,053	0,052	0,041	0,009
P1	0,227	0,236	0,454	0,472	0,095	0,055

Dynamique et évolution de stock de carbone

P1	1,521	1,682	3,043	3,364	0,022	0,264
P1	0,094	0,100	0,188	0,201	0,007	0,028
P1	0,044	0,045	0,088	0,090	0,037	0,015
P1	0,373	0,081	0,747	0,163	0,028	0,023
P1	0,274	0,289	0,547	0,577	0,081	0,064
P1	0,047	0,048	0,093	0,095	0,029	0,015
P1	0,064	0,067	0,127	0,134	0,010	0,020
P1	0,032	0,040	0,064	0,080	0,053	0,013
P1	0,651	0,736	1,302	1,473	0,244	0,136
P1	1,164	1,474	2,328	2,949	0,026	0,237
P1	0,026	0,032	0,053	0,064	0,015	0,011
P1	0,254	0,331	0,509	0,661	0,079	0,072
P1	0,130	0,158	0,259	0,316	0,062	0,040
P1	0,102	0,102	0,203	0,203	0,015	0,028
P1	0,020	0,025	0,040	0,050	0,019	0,009
P1	0,161	0,184	0,323	0,368	0,011	0,045
P1	0,178	0,186	0,356	0,372	0,123	0,045
P1	0,077	0,079	0,153	0,158	0,196	0,023
P1	0,133	0,142	0,265	0,285	0,010	0,037
P1	0,114	0,114	0,229	0,229	0,058	0,031
P1	0,028	0,030	0,055	0,059	0,034	0,011
P1	0,754	0,781	1,508	1,563	0,028	0,142
P1	2,475	2,585	4,951	5,170	0,008	0,374
P1	0,090	0,091	0,180	0,182	0,040	0,026
P1	0,133	0,160	0,265	0,319	0,044	0,040
P1	0,281	0,368	0,562	0,735	0,022	0,078
P1	0,023	0,031	0,047	0,062	0,035	0,011
P1	0,182	0,204	0,364	0,408	0,022	0,049
P1	0,049	0,048	0,099	0,097	0,031	0,016
P1	0,058	0,091	0,115	0,182	0,010	0,026
P1	0,042	0,041	0,084	0,082	0,138	0,014
P1	0,353	0,331	0,706	0,661	0,361	0,072
P1	0,060	0,070	0,119	0,140	0,025	0,021
P1	0,216	0,232	0,433	0,463	0,017	0,054
P1	0,030	0,066	0,060	0,131	0,035	0,020
P1	0,588	0,856	1,175	1,713	0,063	0,153
P1	0,286	0,379	0,572	0,759	0,009	0,080
P2	0,077	0,087	0,153	0,175	0,044	0,025
P2	0,087	0,086	0,175	0,172	0,016	0,025
P2	0,028	0,029	0,056	0,058	0,018	0,010
P2	0,019	0,019	0,037	0,037	0,014	0,007
P2	0,394	0,510	0,789	1,020	0,075	0,101
P2	3,176	3,239	6,352	6,478	0,018	0,449
P2	0,176	0,266	0,352	0,533	0,051	0,060
P2	0,472	0,584	0,943	1,167	0,011	0,113
P2	0,030	0,035	0,059	0,070	0,113	0,012

Dynamique et évolution de stock de carbone

P2	0,112	0,167	0,223	0,334	0,064	0,042
P2	0,800	0,804	1,599	1,609	0,022	0,146
P2	0,221	0,286	0,441	0,572	0,025	0,064
P2	0,126	0,133	0,253	0,265	0,010	0,035
P2	0,876	0,876	1,752	1,752	0,007	0,156
P2	0,736	0,763	1,473	1,526	0,082	0,140
P2	0,828	1,234	1,655	2,469	0,442	0,206
P2	0,896	1,112	1,791	2,225	0,043	0,189
P2	0,020	0,021	0,040	0,041	0,095	0,008
P2	0,074	0,070	0,149	0,140	0,011	0,021
P2	0,842	0,886	1,684	1,771	0,030	0,158
P2	0,198	0,204	0,395	0,408	0,145	0,049
P2	0,214	0,309	0,428	0,618	0,052	0,068
P2	0,026	0,025	0,052	0,049	0,033	0,009
P2	0,087	0,153	0,175	0,305	0,156	0,039
P2	0,274	0,401	0,547	0,801	0,136	0,083
P2	0,142	0,039	0,285	0,079	0,149	0,013
P2	0,936	1,152	1,871	2,304	0,159	0,195
P2	1,096	1,146	2,191	2,293	0,008	0,194
P2	0,142	0,141	0,285	0,282	0,022	0,036
P2	0,039	0,040	0,077	0,080	0,151	0,013
P2	0,458	0,503	0,916	1,005	0,048	0,100
P2	0,736	0,972	1,473	1,943	0,051	0,170
P2	0,020	0,019	0,039	0,037	0,009	0,007
P2	0,036	0,039	0,073	0,079	0,025	0,013
P2	2,755	2,765	5,510	5,529	0,062	0,395
P2	0,029	0,029	0,058	0,058	0,037	0,010
P2	0,539	0,639	1,077	1,278	0,165	0,121
P2	1,675	1,822	3,350	3,644	0,187	0,282
P2	0,021	0,023	0,043	0,047	0,037	0,009
P2	0,328	0,438	0,656	0,877	0,013	0,090
P2	0,307	0,312	0,613	0,624	0,093	0,068
P2	0,800	0,891	1,599	1,781	0,136	0,158
P2	0,039	0,037	0,077	0,074	0,008	0,013
P2	0,595	0,693	1,191	1,386	0,012	0,129
P2	0,029	0,034	0,058	0,068	0,393	0,012
P2	0,133	0,149	0,265	0,298	0,010	0,038
P2	0,777	0,768	1,553	1,535	0,106	0,140
P2	0,018	0,017	0,035	0,035	0,263	0,007
P2	0,034	0,042	0,067	0,084	0,008	0,014
P2	0,259	0,254	0,518	0,509	0,071	0,058
P2	0,186	0,206	0,372	0,412	0,067	0,049
P2	0,847	1,277	1,694	2,553	0,145	0,211
P2	0,133	0,153	0,265	0,305	0,013	0,039
P2	0,410	0,438	0,820	0,877	0,115	0,090
P2	0,861	1,014	1,722	2,028	0,010	0,176

Dynamique et évolution de stock de carbone

P2	0,025	0,037	0,050	0,074	0,035	0,013
P2	1,409	1,569	2,818	3,139	0,142	0,250
P2	1,057	1,252	2,114	2,505	0,007	0,208
P2	0,084	0,095	0,167	0,190	0,012	0,027
P2	0,107	0,112	0,215	0,223	0,059	0,030
P2	0,896	1,175	1,791	2,351	0,045	0,198
P2	0,520	0,565	1,041	1,129	0,152	0,110
P2	0,190	0,052	0,379	0,104	0,035	0,017
P2	1,073	0,557	2,147	1,114	0,085	0,109
P2	0,025	0,025	0,049	0,050	0,154	0,009
P2	0,639	0,668	1,278	1,336	0,009	0,126
P2	1,041	1,611	2,081	3,222	0,229	0,255
P2	0,067	0,076	0,134	0,151	0,182	0,022
P2	0,485	0,702	0,971	1,403	0,024	0,131
P2	0,029	0,031	0,058	0,063	0,029	0,011
P2	0,269	0,279	0,537	0,557	0,159	0,062
P2	0,289	0,315	0,577	0,629	0,103	0,069
P2	0,062	0,071	0,123	0,142	0,046	0,021
P2	3,958	3,946	7,916	7,892	0,184	0,527
P2	0,619	0,763	1,238	1,526	0,009	0,140
P2	0,095	0,098	0,190	0,195	0,121	0,027
P2	0,478	0,496	0,957	0,991	0,179	0,099
P2	0,426	0,371	0,851	0,741	0,020	0,078
P2	0,204	0,254	0,408	0,509	0,097	0,058
P2	0,192	0,225	0,383	0,450	0,010	0,053
P2	0,025	0,025	0,049	0,049	0,061	0,009
P2	0,080	0,080	0,160	0,160	0,064	0,023
P2	0,027	0,032	0,054	0,064	0,026	0,011
P2	0,693	0,804	1,386	1,609	0,019	0,146
P2	0,029	0,031	0,058	0,062	0,528	0,011
P2	1,003	1,193	2,006	2,386	0,118	0,200
P2	1,152	1,228	2,304	2,457	0,027	0,205
P2	0,702	0,800	1,403	1,599	0,096	0,145
P2	0,368	0,445	0,735	0,890	0,088	0,091
P2	0,019	0,019	0,038	0,038	0,049	0,008
P2	0,089	0,086	0,177	0,172	0,008	0,025
P2	0,331	0,365	0,661	0,729	0,046	0,077
P2	0,196	0,206	0,391	0,412	0,009	0,049
P2	0,131	0,139	0,262	0,278	0,023	0,036
P2	0,103	0,113	0,206	0,226	0,010	0,030
P2	0,032	0,037	0,064	0,074	0,129	0,013
P2	0,790	0,353	1,581	0,706	0,010	0,075
P2	0,104	0,100	0,209	0,201	0,174	0,028
P2	1,073	1,118	2,147	2,236	0,195	0,190
P2	0,138	0,172	0,275	0,345	0,131	0,043
P3	2,122	2,521	4,243	5,042	0,078	0,366

Dynamique et évolution de stock de carbone

P3	0,754	0,896	1,508	1,791	0,140	0,159
P3	1,003	1,152	2,006	2,304	0,008	0,195
P3	1,929	2,081	3,858	4,161	0,025	0,314
P3	0,561	0,676	1,122	1,352	0,072	0,127
P3	0,026	0,023	0,052	0,047	0,047	0,009
P3	1,024	1,528	2,049	3,056	0,034	0,244
P3	0,054	0,060	0,108	0,119	0,028	0,018
P3	0,410	0,407	0,820	0,813	0,011	0,084
P3	0,018	0,023	0,036	0,047	0,144	0,009
P3	0,086	0,094	0,172	0,188	0,029	0,026
P3	1,501	1,740	3,002	3,480	0,184	0,271
P3	0,136	0,138	0,272	0,275	0,036	0,036
P3	0,603	0,599	1,206	1,198	0,319	0,115
P3	2,971	3,176	5,942	6,352	0,138	0,442
P3	0,167	0,180	0,334	0,360	0,174	0,044
P3	0,130	0,151	0,259	0,302	0,295	0,038
P3	0,023	0,023	0,046	0,047	0,109	0,009
P3	1,867	2,016	3,735	4,032	0,009	0,306
P3	0,072	0,094	0,144	0,188	0,177	0,026
P3	0,445	0,539	0,890	1,077	0,017	0,106
P3	9,477	9,777	18,954	19,554	0,085	1,102
P3	0,407	0,410	0,813	0,820	0,007	0,085
P3	0,216	0,216	0,433	0,433	0,025	0,051
P3	0,119	0,120	0,238	0,241	0,241	0,032
P3	0,977	1,073	1,954	2,147	0,035	0,184
P3	0,095	0,090	0,190	0,180	0,116	0,025
P3	2,230	2,316	4,461	4,632	0,418	0,342
P3	0,163	0,160	0,327	0,319	0,042	0,040
P3	0,029	0,030	0,058	0,059	0,034	0,011
P3	0,071	0,072	0,142	0,144	0,009	0,021
P3	0,019	0,019	0,037	0,038	0,287	0,008
P3	0,061	0,065	0,121	0,129	0,021	0,020
P3	1,158	1,265	2,316	2,529	0,152	0,210
P3	0,020	0,021	0,040	0,041	0,091	0,008
P3	0,186	0,607	0,372	1,214	1,075	0,116
P3	0,028	0,025	0,056	0,049	0,084	0,009
P3	0,462	0,472	0,923	0,943	0,051	0,095
P3	0,206	0,210	0,412	0,420	0,032	0,050
P3	0,050	0,055	0,100	0,110	0,170	0,017
P3	0,021	0,021	0,043	0,041	0,027	0,008
P3	0,071	0,072	0,142	0,144	0,332	0,021
P3	0,031	0,030	0,062	0,060	0,041	0,011
P3	0,309	0,391	0,618	0,783	0,010	0,082
P3	0,095	0,103	0,190	0,206	0,021	0,028
P3	0,018	0,017	0,035	0,034	0,007	0,007
P3	0,388	0,520	0,777	1,041	0,019	0,103

Dynamique et évolution de stock de carbone

P3	0,182	0,216	0,364	0,433	0,195	0,051
P3	1,228	1,668	2,457	3,335	0,008	0,262
P3	0,023	0,021	0,046	0,043	0,045	0,008
P3	0,081	0,083	0,163	0,165	0,010	0,024
P3	0,048	0,046	0,095	0,092	0,017	0,015
P3	1,535	1,837	3,070	3,674	0,093	0,284
P3	1,062	1,079	2,125	2,158	0,049	0,185
P3	0,886	0,910	1,771	1,821	0,016	0,161
P3	1,461	1,762	2,922	3,524	0,008	0,274
P3	0,210	0,221	0,420	0,441	0,021	0,052
P3	0,257	0,252	0,514	0,504	0,011	0,058
P3	0,032	0,034	0,064	0,068	0,068	0,012
P3	1,041	1,181	2,081	2,362	0,027	0,199
P3	0,274	0,347	0,547	0,695	0,007	0,074
P3	0,116	0,123	0,232	0,247	0,081	0,033
P3	0,568	0,664	1,137	1,327	0,010	0,125
P3	0,037	0,038	0,074	0,076	0,044	0,013
P3	0,307	0,320	0,613	0,640	0,205	0,070
P3	0,510	0,561	1,020	1,122	0,009	0,109
P3	0,112	0,116	0,223	0,232	0,023	0,031
P3	0,284	0,388	0,567	0,777	0,015	0,081
P3	0,018	0,017	0,036	0,034	0,245	0,007
P3	0,064	0,061	0,127	0,121	0,182	0,019
P3	0,376	0,432	0,753	0,864	0,158	0,089
P3	0,054	0,054	0,108	0,108	0,236	0,017
P3	0,026	0,027	0,052	0,054	0,050	0,010
P3	0,042	0,046	0,084	0,092	0,059	0,015
P3	0,172	0,252	0,345	0,504	0,011	0,058
P3	0,020	0,020	0,040	0,040	0,179	0,008
P3	0,020	0,021	0,040	0,043	0,062	0,008
P3	0,081	0,095	0,163	0,190	0,009	0,027
P3	1,461	1,740	2,922	3,480	0,031	0,271
P3	0,182	0,167	0,364	0,334	0,110	0,042
P3	0,092	0,114	0,185	0,229	0,013	0,031
P3	0,131	0,154	0,262	0,309	0,067	0,039
P3	0,021	0,026	0,043	0,052	0,101	0,009
P3	0,125	0,223	0,250	0,446	0,030	0,052
P3	0,051	0,070	0,102	0,140	0,063	0,021
P3	0,130	0,136	0,259	0,272	0,007	0,035
P3	0,043	0,053	0,085	0,106	0,019	0,017
P3	0,160	0,174	0,319	0,349	0,079	0,043
P3	0,697	0,706	1,395	1,412	0,017	0,131
P3	0,133	0,163	0,265	0,327	0,009	0,041
P3	1,084	1,118	2,169	2,236	0,014	0,190
P3	0,458	0,489	0,916	0,978	0,043	0,098
P3	0,194	0,200	0,387	0,399	0,008	0,048

Dynamique et évolution de stock de carbone

P3	0,113	0,114	0,226	0,229	0,008	0,031
P3	1,101	1,314	2,202	2,627	0,023	0,216
P3	0,036	0,039	0,071	0,079	0,236	0,013
P3	0,083	0,087	0,165	0,175	0,044	0,025
P3	0,020	0,027	0,040	0,054	0,026	0,010
P3	0,032	0,032	0,064	0,064	0,028	0,011
P3	0,072	0,072	0,144	0,144	0,034	0,021
P3	0,042	0,040	0,084	0,080	0,008	0,013
P3	0,022	0,020	0,045	0,040	0,033	0,008
P3	0,391	0,190	0,783	0,379	0,016	0,046
P3	0,241	0,379	0,481	0,759	0,034	0,080
P3	0,035	0,034	0,070	0,068	0,014	0,012
P3	0,404	0,482	0,807	0,964	0,040	0,097
P3	0,025	0,031	0,050	0,062	0,130	0,011
P3	0,499	0,462	0,998	0,923	0,035	0,093
P3	0,022	0,028	0,045	0,056	0,185	0,010
P3	0,317	0,365	0,634	0,729	0,093	0,077
P3	0,035	0,053	0,070	0,106	0,047	0,017
P3	0,080	0,098	0,160	0,195	0,030	0,027
P4	0,020	0,022	0,039	0,044	0,188	0,008
P4	0,832	0,891	1,665	1,781	0,012	0,158
P4	0,032	0,034	0,064	0,068	0,024	0,012
P4	0,050	0,049	0,100	0,099	0,008	0,016
P4	0,029	0,033	0,058	0,066	0,011	0,011
P4	0,051	0,063	0,102	0,125	0,021	0,019
P4	0,060	0,065	0,119	0,129	0,014	0,020
P4	0,190	0,200	0,379	0,399	0,008	0,048
P4	0,059	0,062	0,117	0,123	0,082	0,019
P4	0,047	0,050	0,093	0,100	0,056	0,016
P4	0,172	0,371	0,345	0,741	0,012	0,078
P4	0,333	0,362	0,667	0,724	0,084	0,077
P4	0,063	0,065	0,125	0,129	0,009	0,020
P4	0,668	0,668	1,336	1,336	0,099	0,126
P4	0,347	0,356	0,695	0,712	0,008	0,076
P4	0,234	0,257	0,468	0,514	0,069	0,059
P4	0,080	0,087	0,160	0,175	0,012	0,025
P4	0,080	0,081	0,160	0,163	0,023	0,023
P4	0,987	0,982	1,975	1,964	0,008	0,171
P4	0,259	0,264	0,518	0,528	0,150	0,060
P4	0,513	0,241	1,027	0,481	0,011	0,056
P4	0,080	0,084	0,160	0,167	0,008	0,024
P4	0,090	0,092	0,180	0,185	0,016	0,026
P4	0,025	0,109	0,049	0,217	0,011	0,030
P4	0,116	0,117	0,232	0,235	0,010	0,031
P4	0,043	0,060	0,087	0,119	0,016	0,018
P4	0,113	0,141	0,226	0,282	0,018	0,036

Dynamique et évolution de stock de carbone

P4	0,304	0,416	0,608	0,832	0,046	0,086
P4	0,550	0,745	1,099	1,490	0,018	0,137
P4	0,186	0,214	0,372	0,428	0,015	0,051
P4	0,832	0,966	1,665	1,933	0,043	0,169
P4	0,238	0,274	0,477	0,547	0,072	0,062
P4	0,029	0,028	0,058	0,056	0,019	0,010
P4	2,530	3,335	5,060	6,670	0,126	0,459
P4	0,186	0,188	0,372	0,375	0,074	0,046
P4	0,028	0,030	0,055	0,059	0,054	0,011
P4	0,388	0,445	0,777	0,890	0,023	0,091
P4	0,323	0,435	0,645	0,870	0,023	0,089
P4	0,078	0,086	0,156	0,172	0,172	0,025
P4	0,086	0,117	0,172	0,235	0,059	0,031
P4	0,042	0,041	0,084	0,082	0,102	0,014
P4	0,216	0,269	0,433	0,537	0,023	0,061
P4	0,176	0,595	0,352	1,191	0,025	0,115
P4	0,045	0,059	0,090	0,117	0,009	0,018
P4	0,680	0,871	1,361	1,742	0,010	0,155
P4	0,098	0,294	0,195	0,587	0,038	0,065
P4	0,286	0,342	0,572	0,684	0,031	0,074
P4	0,033	0,033	0,066	0,066	0,014	0,011
P4	0,026	0,053	0,053	0,106	0,030	0,017
P4	0,047	0,048	0,093	0,095	0,067	0,015
P4	0,070	0,069	0,140	0,138	0,107	0,021
P4	0,019	0,022	0,038	0,044	0,080	0,008
P4	0,109	0,109	0,217	0,217	0,045	0,030
P4	0,087	0,120	0,175	0,241	0,150	0,032
P4	0,102	0,100	0,203	0,201	0,055	0,028
P4	0,024	0,023	0,048	0,047	0,010	0,009
P4	0,382	0,388	0,765	0,777	0,367	0,081
P4	0,407	0,572	0,813	1,144	0,045	0,111
P4	0,309	0,429	0,618	0,858	0,009	0,088
P4	0,046	0,050	0,092	0,100	0,091	0,016
P4	0,458	0,639	0,916	1,278	0,010	0,121
P4	0,107	0,112	0,215	0,223	0,081	0,030
P4	0,353	0,385	0,706	0,771	0,070	0,081
P4	0,051	0,050	0,102	0,100	0,023	0,016
P4	0,172	0,190	0,345	0,379	0,025	0,046
P4	0,972	1,129	1,943	2,259	0,014	0,192
P4	1,252	1,448	2,505	2,896	0,051	0,234
P4	1,008	1,090	2,017	2,180	0,009	0,186
P4	0,320	0,422	0,640	0,845	0,043	0,087
P4	0,462	0,568	0,923	1,137	0,015	0,110
P4	0,368	0,385	0,735	0,771	0,127	0,081
P4	0,216	0,229	0,433	0,459	0,027	0,053
P4	0,084	0,232	0,167	0,463	0,064	0,054

Dynamique et évolution de stock de carbone

P4	0,022	0,021	0,044	0,043	0,011	0,008
P4	0,818	0,876	1,637	1,752	0,010	0,156
P4	0,871	1,107	1,742	2,214	0,015	0,188
P4	0,274	0,325	0,547	0,651	0,021	0,071
P4	0,245	0,271	0,490	0,542	0,008	0,061
P4	0,085	0,092	0,170	0,185	0,030	0,026
P4	0,086	0,090	0,172	0,180	0,025	0,025
P4	0,568	0,607	1,137	1,214	0,028	0,116
P4	0,039	0,041	0,079	0,082	0,009	0,014
P4	0,333	0,359	0,667	0,718	0,080	0,076
P4	0,153	0,182	0,305	0,364	0,084	0,044
P4	0,307	0,339	0,613	0,678	0,068	0,073
P4	0,092	0,084	0,185	0,167	0,015	0,024
P4	0,034	0,034	0,068	0,068	0,093	0,012
P4	1,003	1,057	2,006	2,114	0,029	0,182
P4	0,018	0,021	0,035	0,043	0,035	0,008
P4	1,370	1,611	2,741	3,222	0,075	0,255
P4	0,019	0,019	0,038	0,038	0,016	0,008
P4	0,264	0,309	0,528	0,618	0,043	0,068
P4	0,043	0,049	0,085	0,099	0,170	0,016
P4	0,029	0,034	0,058	0,067	0,208	0,012
P4	1,597	1,576	3,194	3,152	0,175	0,251
P4	0,407	0,492	0,813	0,984	0,070	0,098
P4	0,445	0,510	0,890	1,020	0,093	0,101
P4	0,286	0,301	0,572	0,603	0,078	0,066
P4	0,438	0,489	0,877	0,978	0,051	0,098
P4	2,679	3,260	5,357	6,521	0,024	0,451
P4	0,051	0,067	0,102	0,134	0,008	0,020
P4	2,089	2,395	4,177	4,790	0,148	0,351
P4	0,133	0,182	0,265	0,364	0,155	0,044
P4	0,079	0,081	0,158	0,163	0,062	0,023
P4	1,837	2,679	3,674	5,357	0,056	0,385
P4	0,125	0,125	0,250	0,250	0,024	0,033
P4	0,394	0,576	0,789	1,152	0,025	0,112
P4	0,320	0,373	0,640	0,747	0,110	0,079
P4	0,178	0,214	0,356	0,428	0,013	0,051
P4	0,057	0,059	0,113	0,117	0,072	0,018
P4	0,315	0,328	0,629	0,656	0,039	0,071
P4	0,236	0,276	0,472	0,552	0,034	0,062
P4	0,373	0,482	0,747	0,964	0,067	0,097
P1		0,018		0,035	0,026	0,007
P1		0,026		0,053	0,012	0,010
P2		0,020		0,039	0,174	0,008
P2		0,019		0,038	0,007	0,008
P2		0,021		0,041	0,007	0,008
P2		0,022		0,045	0,224	0,008

Dynamique et évolution de stock de carbone

P2	0,030	0,059	0,008	0,011
P2	0,022	0,044	0,060	0,008
P3	0,018	0,035	0,014	0,007
P3	0,019	0,038	0,010	0,008
P3	0,019	0,038	0,253	0,008
P4	0,032	0,064	0,084	0,011
P4	0,020	0,039	0,091	0,008
P4	0,034	0,068	0,064	0,012

Table des matières

Dédicace.....	i
Epigraphe	ii
Avant-propos.....	iii
Remerciements.....	iv
Liste de figure.....	v
Liste de tableau.....	vi
RESUME.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCTION	1
0.1. Considérations généralités	1
0.2 .Problématique	2
0.2. Hypothèses.....	43
0.3. Objectifs de l'étude.....	4
0.3.1 Objectif général	4
0.3.2 Objectifs spécifiques	4
0.4. Intérêt du travail.....	4
0.5. Subdivision du travail	54
CHAPITRE PREMIER : GENERALITES	6
1.1. Notions sur la dynamique forestière	6
1.1.1. Le chablis et autres processus de la dynamique forestière	6
1.1.1.1. Le Chablis.....	6
1.1.1.2. Autres processus dynamiques.....	7
1.1.2. Accroissements.....	7
1.1.2.1. Notion générale sur les accroissements.....	7
1.1.2.2. Croissance en forêt tropicale	8
1.2. Généralités sur le changement climatique.....	8
1.2.1. Systèmes forestiers.....	9

Dynamique et évolution de stock de carbone

1.2.2. Description de <i>Gillettodendronkisantuense</i> (Ibanda, 2012)	9
1.2.3. Détermination de l'espèce	9
1.2.4. Caractéristiques botaniques (Tailfer, 1989)	10
1.2.5. Noms vernaculaires	10
1.2.6. Usages	10
1.2.7. Distribution	11
CHAPITRE DEUXIEME :	12
MILIEU D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES	12
2.1. MILIEU D'ETUDE	12
2.1.1. Situation administrative et géographique	12
2.1.2. Sol de la Réserve de YOKO	13
2.1.3. Végétation.....	13
2.1.4. Hydrographie.....	13
2.2. MATERIELS	14
2.2.1. Matériel biologique.....	14
2.2.2. Matériel non biologique (techniques)	14
2.3. METHODES	15
2.3.1. Collecte des données	15
2.3.2. Equipe du terrain	15
2.3.3. Analyses des données.....	15
2.4. Calcul de paramètres dendrométriques	16
2.4.1. L'accroissement diamétrique	16
2.4.2. Surface terrière.....	16
2.4.3. Distribution des classes de diamètre.....	16
2.4.4. Le taux de recrutement.....	17
2.4.5. Le taux de mortalité	17
2.4.6. Calcul d'indices de caractérisation botanique	17
2.4.7. Biomasse aérienne et équations allométriques.....	18
2.4.8. Calcul du stock de carbone forestier.....	18
2.3.4. Traitements statistiques.....	18
CHAPITRE TROISIEME : PRESENTATION DES RESULTATS	19
3.1. Analyse générale	19

Dynamique et évolution de stock de carbone

3.1.1. Caractéristiques structurales.....	19
3.1.1.1. Densité et surface terrière.....	19
3.1.1.2. Distribution diamétrique des arbres inventoriés en 2012 et 2016.....	20
3.1.2. Structure floristique.....	22
3.1.2.1. Densité relative.....	22
3.1.2.2. Dominance relative des espèces.....	22
3.1.2.3. Abondance des familles dans le peuplement étudié.....	23
3.2. Caractéristiques démographiques.....	24
3.2.1. Le recrutement.....	24
3.2.2. Taux de recrutement.....	24
3.2.3. Mortalité.....	25
3.2.4. Taux de mortalité naturelle.....	25
3.3. Evolution de la biomasse et du stock de carbone dans la forêt.....	30
3.4. Les accroissements diamétriques.....	31
CHAPITRE QUATRE : DISCUSSIONS DES RESULTATS.....	32
4.1. Un bilan démographique.....	32
4.2. Accroissements diamétriques.....	33
CONCLUSION ET SUGGESTIONS.....	34
1. CONCLUSION.....	34
2. Suggestions.....	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	35
Annexes.....	39
Table des matières.....	51

