



ÉCOLE RÉGIONALE POST-UNIVERSITAIRE D'AMÉNAGEMENT ET DE
GESTION INTÉGRÉS DES FORÊTS ET TERRITOIRES TROPICAUX
-ÉRAIFT-

**Régénération forestière assistée avec *Millettia laurentii*
De Wild. dans les savanes mises en défens à Ibi-village
au plateau des Batéké/RDC**

Par

Ruffin NSIELOLO KITOKO

DEA en Sciences de l'Environnement (Université de Kinshasa, 2010)

Thèse

Présentée et soutenue en vue de l'obtention du titre de
Docteur en Aménagement et Gestion Intégrés des
Forêts et Territoires Tropicaux

Promoteur: Prof. Dr. Ir. Jean LEJOLY/ULB

Co-Promoteur: Prof. Dr. Ir. Jules ALONI KOMANDA/UNIKIN

2016



**ÉCOLE RÉGIONALE POST-UNIVERSITAIRE D'AMÉNAGEMENT ET DE GESTION
INTEGRÉS DES FORÊTS ET TERRITOIRES TROPICAUX
-ÉRAIFT-**

**Régénération forestière assistée avec *Millettia laurentii*
De Wild. dans les savanes mises en défens à Ibi-village
au plateau des Batéké/RDC**

**Par
Ruffin NSIELOLO KITOKO**

Thèse
Présentée et soutenue en vue de l'obtention du titre de
Docteur en Aménagement et Gestion Intégrés des
Forêts et Territoires Tropicaux

Membres de Jury:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

2016

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, il nous est agréable d'exprimer nos remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration et à la réussite de cette thèse. Nos remerciements vont tout particulièrement au Professeur **Jean LEJOLY** qui a bien voulu assurer l'encadrement de ce travail; c'est un très grand honneur pour nous qu'il ait accepté d'en être le promoteur. Il fut en permanence un précieux allié tant sur le plan scientifique que moral. Nous tenons à remercier également le professeur **Jules ALONI KOMANDA** qui malgré ses multiples occupations a bien voulu accepter d'être le co- promoteur. Il a su développer en nous le goût de l'observation et de l'esprit scientifique. Ses conseils et remarques nous ont beaucoup édifié et ont eu une profonde influence sur nous. Nos sincères remerciements à l'École Régionale Post-Universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux (ERAIFT) pour tous les efforts tant matériels, financiers, moraux etc. qui nous ont conduits à la réussite de ce travail. Nos remerciements s'adressent également au Directeur, Professeur **BAUDOIN Michel** et Professeur **Jean-Pierre MATE MWERU** pour leurs conseils qui nous ont donné l'endurance et la persévérance pour réaliser ce travail, vos conseils nous ont été profitables. Nous sommes également reconnaissants à l'Union Européenne (UE) pour le soutien financier au programme de bourse à la recherche (Projet 549DRC2000), sans lequel, il nous aurait été difficile de terminer cette thèse si coûteuse. Nos remerciements s'adressent aussi à Monsieur **Olivier MUSHIETE NKOLE** pour son accueil à Ibi-village. Nos remerciements vont également à la coopération Belgo-Congolaise via le projet Kin 06, que le chef du projet le Professeur **Jean-Claude PALATA KABUDI** ainsi que toute l'équipe de la coordination reçoivent l'expression de notre sincère gratitude pour avoir initié et organisé ce projet. Nos sincères remerciements vont également à toute l'équipe de sous-groupe de pilotage belge de l'activité CUD KIN 06 dont les Professeurs **Guy MERGEAI** et **Pierre VANDEWALLE**. Aux Professeurs **Constantin LUBINI AYINGWEU**, **Jean-Pierre HABARI MULAVWA** et **Diudonné MUSIBONO Eyul**, nous vous devons une immense reconnaissance pour les sages conseils dont nous ne saurons rembourser le prix. Nos sincères remerciements à Mr **NLANDU LUKEBADIO** et le service de l'Herbarium de l'Université de Kinshasa pour leur contribution dans la détermination des espèces végétales. Nos remerciements vont également à **Macaire MUTSHAKA**, **Laurent MATHIA MAYO** et au **Dr Clément VANGU LUTETE** pour leur assistance respective; leurs sages et mûrs conseils nous ont procuré la persévérance et l'endurance.

Résumé

Cette étude a été réalisée dans le but de proposer une technique sylvicole susceptible d'améliorer la qualité de fût de *Millettia laurentii* De Wild. (Wengé) en dehors de son habitat naturel. *M. laurentii* est une espèce des forêts denses tropicales humides à haute valeur commerciale ; elle est cependant sur-exploitée en République Démocratique du Congo (RDC) à cause de la qualité de son bois. Par ailleurs, aucune étude sylvicole de cette espèce n'est proposée jusqu'à présent. Un essai de plantation de cette espèce a été testé par la technique de noyaux forestiers en savane herbeuse du plateau des Batéké sur 4 hectares (n=144) mettant en place quatre modèles sylvicoles : avec ou sans ombrage d'*Acacia mangium* Wild et avec ou sans Manioc (*Manihot esculenta* Crantz) autour des jeunes plantules de Wengé. Les résultats ont montré que dans les deux traitements où le Wengé a été à l'ombre, entouré des *A. mangium* et/ou sans manioc; les croissances en hauteur sont nettement plus élevées, avec une tige non ramifiée susceptible de fournir un fût droit dans l'avenir. Les deux autres traitements où les plantules de Wengé n'ont pas été entourées d'*A. mangium* mais seulement du Manioc ou plantées sur sol nu, ont par contre donné des tiges courtes et ramifiées. La technique utilisant des macroboutures a été également développée sur une parcelle d'un quart d'hectare (n=196) regroupant respectivement les macroboutures à hauteur de 1,50, 1,30, 1 et 0,75 mètre au dessus de sol dans le but de mettre en évidence le meilleur traitement qui donne un bon taux des bourgeons (futurs branches) qui gagnent le dessus sur les graminées. Après 33 mois d'observation, les traitements de 1 et 0,75 mètre de hauteur ont montré le pourcentage le plus élevé en nombre des bourgeonnements soit 75,5% avec une moyenne de $9,8 \pm 5,1$ chez les macroboutures de 1 mètre suivi de 69,3% avec une moyenne de $6,7 \pm 4,1$ chez les macroboutures de 0,75 mètre. Dans les traitements avec les macroboutures de 1,50 et 1,30 mètre de haut, le taux de bourgeonnement a été respectivement de 63,2% avec une moyenne de $5,7 \pm 4,6$. Le taux de mortalité a été de 12% pour les macroboutures de 1 mètre, 14% pour celles de 0,75 mètre, 18% et 16% pour les macroboutures de 1,5 et 1,3 mètre. L'évolution de la végétation a été également étudiée par l'effet de litière (dans les noyaux forestiers) et de lisière (entre les N.F) pour suivre la dynamique de cette savane mise en défens. 32 inventaires sur des placettes de 5x5m soit 25m² ont été réalisés dans la savane témoin (savane qui brûle chaque année), dans la savane mise en défens, à l'ombre de noyaux forestiers (litière) et dans la lisière, située entre ces deux noyaux forestiers. Après deux ans de mise en défens de cette savane contre le feu, les résultats des inventaires floristiques, ont permis d'identifier 132 espèces végétales appartenant à 110 genres et 49 familles. Ces résultats ont montré une augmentation des ligneux, le nombre de pieds d'espèces dans la savane mise en défens qui, après deux ans, est passé de 994 à 5049 soit de 9,1 à 46,1% par unité de surface. Par contre la savane témoin est restée stable, caractérisée par des graminées et un petit nombre des ligneux.

Mots clés : Régénération, *Millettia laurentii*, savanes, Ibi-village.

Abstract

This study was conducted to propose a silvicultural technique that may improve the cylindrical bole of *Millettia laurentii* (Wenge) out-side of its natural habitat. *M. laurentii* is a species of tropical moist forests with high commercial value; it is heavily over exploited in the Democratic Republic of Congo (DRC) because of the quality of its wood; so far; no silvicultural has been conducted. Four planting models were tested in grassland on 4 hectares (n=144) with or without shade of *Acacia mangium* and with or without Cassava (*Manihot esculenta*) around Wenge young seedlings. The results showed that in both treatments where Wenge was in the shade, surrounded by *A. mangium* and/or without cassava, growth in height is significantly higher, with an unbranched stem that may supply a cylindrical bole in the future. The other two treatments where the Wenge seedlings were not surrounded by *A. mangium* but only Cassava or bare soil, produced short and branched stems. The technique using macrocuttings on a plot of a quarter hectare (n = 196) tested different heights of 1.50, 1.30, 1.0 and 0.75 meter above ground. After 33 months of observation, the treatments 1.0 and 0.75 meter above ground showed the highest percentage by number of buddings (75.5%) with a mean of 9.8 ± 5.1 m for macrocuttings of 1.0 meter followed by number of buddings (69.3%) with a mean of 6.7 ± 4.1 m for macrocuttings of 0.75 meter. In the treatments with the macrocuttings of 1.50 and 1.30 m high, the degree of budding was 63.2% with an average of 5.7 ± 4.6 and 63.2% with a mean of 5.7 ± 4.6 , respectively. The evolution of vegetation was also studied by litter effects in the forest nuclei and edge effects between forest nuclei of this savannah enclosure. 32 inventories of 5x5m plots or 25m² were made in the control savanna (savanna burning each year), in the savannah enclosure, in the shade of forest nuclei and the edge, located between two forest nuclei. After two years of enclosure of this savanna against fire, the results of floristic inventories have identified 132 plant species belonging to 110 genera and 49 families. These results showed an increase in woody plant species, the number of stems in the savannah enclosure, after two years, increased from 994 to 5049 or from 9.1 to 46.1% per unit area. In contrary, the control savannah remained stable, characterized by grasses and a small number of woody plant species.

Keywords : *Regeneration, Millettia laurentii, savannas, Ibi-village*

Sigles et abréviations

AFC	Analyse Factorielle des Correspondances
ANOVA	Analyse de la Variance
CBC	Convention sur la Diversité Biologique
CCD	Convention sur la lutte Contre la Désertification
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CIRAD	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CITES	Convention sur le Commerce International des Espèces de Faune et de Flore sauvages menacées d'extinction
CNRA	Centre national de recherche agronomique
CTB	Coopération Technique Belge
CV	Coefficient de Variation
DGF	Direction de Gestion Forestière
DHP	Diamètre à Hauteur de Poitrine
DIAF	Direction des Inventaires et Aménagements Forestiers
DMF	Diamètre Minimum de Fructification
ERAIFT	École Régionale Post-Universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux
FA	Fréquence absolue
FAO	Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FR	Fréquence relative
FENOP	Fédération Nationale des Organisations Paysannes
Gi Agro	Groupe d'Initiatives pour l'Agroforesterie en Afrique
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du climat
GPS	Global Positioning System (Système de Positionnement Global)
Ha	Hectare
IC	Intervalle de Confiance
ICCN	Institut Congolais pour la Conservation de la Nature
INERA	Institut National pour l'Études et Recherches Agronomiques
MECN-DD	Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Développement Durable
N F	Noyau Forestier
NOVACEL	Nouvelle Société d'Agriculture et d'Élevage
OIBT	Organisation Internationale des Bois Tropicaux
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONGD	Organisation Non Gouvernementale pour le Développement
PCI-B	Puits de Carbone Ibi Batéké
PEP	Placette d'Échantillonnage Permanente
PFL	Produits Forestiers Ligneux
PFNL	Produits Forestiers Non Ligneux
R F NA	Régénération Forestière Naturelle Assistée
RDC	République Démocratique du Congo
UE	Union Européenne
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
USAID	Agence des États-Unis pour le Développement International

Liste des figures

Figure 1: Organisation et complexité d'un écosystème: cas d'un écosystème forestier	36
Figure 2: Processus simplifié de simulation	41
Figure 3: Méthodologie d'une simulation selon HABCHI, (2001).....	42
Figure 4: Distribution de Wengé en Afrique (1) et en RDC (2)	48
Figure 5: Volume de Wengé (m ³) exploité en RDC par le secteur formel	51
Figure 6: Carte de localisation de la Station Ibi-village	55
Figure 7: Diagrammes ombrothermiques des stations Mampu (a) et Mbankana (b).....	58
Figure 8: Matériels nécessaires utilisés pendant le travail.....	62
Figure 9: Dispositif expérimental sur 1 ha pour la régénération assistée de <i>M. laurentii</i>	67
Figure 10: Dispositif expérimental de macroboutures.....	69
Figure 11: Etude de l'effet de lisière entre les NF et de litière à l'intérieur des NF	72
Figure 12: Classes des hauteurs (cm) de <i>M. laurentii</i> de T1 et T2 en juillet 2015	82
Figure 13: Classes des hauteurs (cm) de <i>M. laurentii</i> de T3 et T4 en en juillet 2015	82
Figure 14: Hauteur maximale et minimale de <i>M. laurentii</i> dans les N.F en juillet 2015.....	84
Figure 15: Différence de croissance annuelle en hauteur de <i>M. laurentii</i> en juin à Ibi-village	85
Figure 16: Différence de croissance annuelle en hauteur de <i>M. laurentii</i> en décembre à Ibi.....	85
Figure 17: Évolution moyenne en hauteur de <i>M. laurentii</i> de 0 à 55 mois à Ibi-village	86
Figure 18: Croissance en hauteur par traitement de <i>M. laurentii</i> de 0 à 55 mois à Ibi-village.....	87
Figure 19: Évolution en diamètre de <i>M. laurentii</i> de 0 à 55 mois dans les noyaux forestiers	89
Figure 20: Classes de diamètre par traitement de <i>M. laurentii</i> de 55 mois à Ibi-village	89
Figure 21: Accroissement moyen annuel par traitement de <i>M. laurentii</i> à Ibi-village	91
Figure 22: Évolution en diamètre moyen de T1 et T2 de <i>M. laurentii</i> de 0 à 55 mois dans les NF	92
Figure 23: Évolution en diamètre moyen de T3 et T4 de <i>M. laurentii</i> de 0 à 55 mois dans les NF	93
Figure 24: Évolution moyenne des bourgeons sur les macroboutures de <i>M. laurentii</i> de 0 à 33 mois	97
Figure 25: Évolution de diamètre au collet (cm) des macroboutures et du nombre des bourgeons vivants de <i>M. laurentii</i> de t1 à t4 à Ibi-village.....	98
Figure 26: Évolution de diamètre au collet (cm) des macroboutures et du nombre des bourgeons vivants de <i>M. laurentii</i> de t5 à t7 à Ibi-village.....	99
Figure 27: Analyse en Composante Principale	104
Figure 28: Nombre des familles dans les 4 traitements	105
Figure 29: Les familles identifiées dans les quatre milieux.....	105
Figure 30: Indice de mortalité de <i>M. laurentii</i> dans les placettes de n.f a) et de macroboutures b)	107
Figure 31: Evolution de la température moyenne mensuelle aux mois d'avril et mai 2013	108
Figure 32: Évolution de la température moyenne mensuelle aux mois de septembre et octobre	109
Figure 33: Relation hauteur-diamètre de <i>M. laurentii</i> par traitement dans les NF à Ibi	114

Liste des tableaux

Tableau 1: Les données météorologiques mensuelles moyennes de la période : 1997-2006	58
Tableau 2: Effet de l'ombrage sur l'évolution en hauteur moyenne de plantules <i>M.laurentii</i>	80
Tableau 4: Effet de l'ombrage sur l'évolution en diamètre moyen de <i>M.laurentii</i>	88
Tableau 5: Variation de diamètre moyen au collet des boutures (cm) de 0 à 33 mois (n=49)	94
Tableau 6: Taux de survie et de mortalité de macroboutures de <i>M. laurentii</i> de 33 mois	96
Tableau 7: Influence de la taille moyenne de la bouture de <i>M. laurentii</i> sur le nombre de bourgeons ..	98
Tableau 8: Développement du système racinaire de <i>M.laurentii</i>	101
Tableau 9: Nombre de relevés et d'espèces inventoriés dans les 4 traitements	103
Tableau 10: Analyse de la variance à un seul facteur en nombre d'espèces de 4 traitement étudiés ..	104
Tableau 11: Indices de diversité des formations végétales	106
Tableau 12: Les repères de thermomètres dans les quatre types d'écosystème.....	107

Liste des photos

Photo 1: Savane herbeuse	Photo 2: Savane arbustive	Photo 3: Savane arborée	8
Photo 4: Reboisement d'Acacia à Ibi-village			26
Photo 5: Le feu de brousse dans la savane d'Ibi-village.....			33
Photo 6: <i>M. laurentii</i> a)jeune plante âgée, b) plante mature, c) graines a) Feuilles.....			45
Photo 7: Fût, Inflorescence, fruit et fleur de <i>M. laurentii</i>			46
Photo 8: Délimitation du dispositif d'étude et de l'espace, b) Plantation des macroboutures			70
Photo 9: Evolution des bourgeons sur les macroboutures de <i>M. laurentii</i>			95
Photo 10: Les différents ennemis rencontrés sur le Wengé à Ibi-village.....			100
Photo 11: Adaptation morphologique des racines			102
Photo 12: Savane mise en défens à Ibi-village.			104
Photo 13: Savane Témoin	Photo 14: Début de la mise en défens.....		177
Photo 15: Mise en place des NF	Photo 16: Évolution de la savane mise en défens		177
Photo 17 : Abri météorologique.....			177

Table des matières

Résumé	ii
Abstract.....	iii
Sigles et abréviations	iv
Liste des figures.....	v
Liste des tableaux	vi
Liste des photos	vii
Table des matières	viii
INTRODUCTION	1
1. Problématique et question de recherche	2
1.1 Hypothèses.....	3
1.2 Objectifs de l'étude.....	3
1.3 Cadre théorique.....	4
1.4 Revue bibliographique.....	4
1.5 Les savanes	6
1.5.1 Définition.....	6
1.5.2 Origine des savanes	7
1.5.3 Classification des savanes.....	8
1.5.4 Ecologie des savanes	9
1.5.5. Savanes de la RDC	10
1.5.6. Utilisation des savanes.....	11
1.5.7 Dynamique des espèces végétales en milieu hétérogène	11
1.6 Concept « aire mise en défens »	12
1.6.1 Considération du concept.....	12
1.6.2 Objectifs majeurs de la mise en défens.....	13
1.6.3 Avantages de la mise en défens	13
1.6.4 Mise en défens et ses effets sur le couvert végétal	14
1.7 Répartition des espèces.....	14
1.8 Modes de dispersion des espèces.....	15
1.8.1. Zoochorie.....	15
1.8.2 Anémochorie.....	15
1.8.3 Barochorie.....	16
1.8.4 Autochorie	16
1.9 Nature des activités humaines.....	16
1.10 Plantations forestières	17
1.11 Agroforesterie, domestication et sylviculture	18
1.11.1 Différentes formes d'agroforesterie.....	22
1.11.2 Portée de l'agroforesterie.....	22
1.11.3 Effets bénéfiques de l'arbre dans le système agroforestier.....	22
1.11.4 Enjeux de l'agroforesterie.....	23
1.11.5 Parc agroforestier.....	23
1.11.6 Cultures en couloirs	23
1.12 Culture itinérante sur brûlis	24
1.13 Reboisement, boisement et déboisement	25

1.13.1 Types de reboisement	26
1.13.2 Reboisement de compensation.....	26
1.13.3 Reboisement de reconstitution.....	26
1.14 La régénération	26
1.14.1 Considération du concept.....	26
1.14.2 Historique de la régénération.....	27
1.14.3 Types de régénération.....	28
1.14.3.1 Régénération naturelle ou régénération non provoquée	28
1.14.3.2 Régénération naturelle assistée.....	29
1.14.3.3 Régénération artificielle ou régénération provoquée.....	30
1.14.3.4 Impacts de la régénération forestière	30
1.14.3.5 Contraintes liées à la Régénération artificielle	32
1.15 Plan du travail	33
Chapitre I: Pertinence du sujet avec l'approche systémique	35
I.1 Historique de la systémique.....	35
I.2 Concepts de base en systémique.....	35
I.3 Concepts de la systémique.....	36
I.4 Caractéristiques d'un système.....	38
I.5 Modélisation.....	39
I.6 Simulation	40
I.7 Structure et organisation des écosystèmes forestiers.....	42
I.8 Perceptions des écosystèmes forestiers	43
Chapitre II : Description de <i>Millettia laurentii</i> De Wild.	45
II.1 Description botanique	45
II.2 Ecologie et classification.....	47
II.3 Répartition géographique	47
II.5 Caractères généraux du Wengé.....	49
II.6 Vaisseaux	49
II.7 Croissance, propriétés et développement de <i>M. laurentii</i>	49
II.8 Multiplication, gestion et traitement	50
II.9 Usages de l'espèce	50
II.10 Production et commerce international.....	51
Chapitre III: Milieu d'étude	52
III.1 Le plateau des Batéké	52
III.1.1 Cadre géographique	52
III.1.2 Géologie.....	52
III.1.3 Population	54
III.2 Station Ibi-village	54
III.2.1 Situation géographique	54
III.2.2 Activités socio-économiques	55
III.2.3 Système de production agricole.....	56
III.2.4 Fiche technique de Ibi-village.....	56
III.2.5 Facteurs climatiques	57
III.2.6 Risque d'érosion.....	59
III.2.7 Hydrographie	59

III.2.8 Végétation.....	59
III.2.8.1 Végétation savanicole.....	60
III.2.8.2 Végétation forestière.....	60
III.2.8.3 Contact Savane-Forêt.....	60
III.2.8.4 Faune.....	61
III.2.9 Sol de Kinshasa.....	61
Chapitre IV: Matériel et Méthodes	62
IV.1. Matériel.....	62
IV.1.1. Matériel biologique.....	62
IV.1.2. Autres matériels.....	62
IV.2.1 Recherche bibliographique et planification de l'étude	63
IV.2.2 Choix de l'espèce	63
IV.3. Description de parcelles permanentes	64
IV.3.1 La technique de Noyaux forestiers	65
IV.3.1.1 Densité et nombre de noyaux forestiers par hectare	67
IV.3.2 La technique de macroboutures.....	67
IV.3.2.1 Préparation des macroboutures.....	68
IV.3.2.2 Avantage de boutures	71
IV.3.4 Etude de la dynamique de la végétation par Effet de litière et de lisière.....	71
IV.3.5 Etude de l'évolution de la température dans quatre écosystèmes.....	73
IV.4 Collecte des données	73
IV.5. Paramètres dendrométriques.....	74
IV.6 Taille de l'échantillon.....	74
IV.7 Techniques et analyse des données	75
IV.8 Difficultés rencontrées.....	77
Chapitre V: Résultats.....	79
V.1. Évolution de <i>M.laurentii</i> dans les noyaux forestiers.....	79
V.1.1 Étude de la croissance en hauteur totale de <i>M.laurentii</i> dans les noyaux forestiers	79
V.1.1.1 Croissance en hauteur de <i>M. laurentii</i> de 0 à 55 mois dans les noyaux forestiers à Ibi-village.....	79
V.1.1.2 Mortalité et ramification de pieds de <i>M. laurentii</i> par traitements	81
V.1.1.3 Distribution de classes des hauteurs de <i>M. laurentii</i> de 55 mois à Ibi-village en juillet 2015.....	82
V.1.1.8 Différence de croissance annuelle en hauteur de <i>M. laurentii</i>	84
V.1.2 Étude de croissance en diamètre de <i>M. laurentii</i> dans les noyaux forestiers	87
V.1.2.2 Accroissement moyen annuel de <i>M. laurentii</i> à Ibi-village	90
V.1.2.3 Analyse situationnelle de l'évolution de diamètre de <i>M. laurentii</i> par traitement.....	92
V.2.1 Évolution de diamètres moyens (cm) des macroboutures de <i>M. laurentii</i>	94
V.2.3 Évolution du nombre de bourgeons sur les macroboutures de <i>M. laurentii</i> de 0 à 33 mois	96
V.2.4 : Disposition des bourgeons vivants sur les macroboutures de <i>M. laurentii</i> de 33 mois	97
V.2.5 Évolution du diamètre au collet et du nombre de bourgeons.....	98
V.3 : Étude comparative de système racinaire de <i>M. laurentii</i> issu de trois types de plantation.....	101
V.4 : Étude de l'effet de lisière et de litière.....	102
V.5 Indices de diversité biologique	106
V.6. Indice de mortalité	107
V.7 : Évolution de la température dans les 4 écosystèmes	107
Chapitre VI : Discussions	110

VI.1 Croissance en hauteur et en diamètre de <i>M. laurentii</i> dans les noyaux forestiers	110
VI.2. Intérêt des calculs d'accroissement	113
VI.3. Relation hauteur-diamètre de l'arbre.....	113
VI.4. Effets bénéfiques des cultures en association.....	114
VI.6. Densité et diversité spécifique dans la savane témoin et la savane mise en défens.....	117
VI.7. Analyses de la diversité spécifique.....	118
VI.8. Évolution floristique	119
VI.9. Régénération forestière et abondance des lianes	120
Conclusion	123
Bibliographie	128
ANNEXES.....	151
Annexe 1. Croissance en hauteur de <i>M. laurentii</i> de T1 dans les NF (en cm).....	151
Annexe 2. Croissance en diamètre de <i>M. laurentii</i> de T1 dans les NF(en cm).....	152
Annexe 3. Croissance en hauteur de <i>M. laurentii</i> de T2 dans les NF(en cm).....	153
Annexe 4. Croissance en diamètre de <i>M. laurentii</i> de T2 dans les NF(en cm).....	154
Annexe 5. Croissance en hauteur de <i>M. laurentii</i> de T3 dans les NF (en cm).....	155
Annexe 6. Croissance en diamètre de <i>M. laurentii</i> de T3 dans les NF (en cm).....	156
Annexe 7. Croissance en hauteur de <i>M. laurentii</i> de T4 dans les NF(en cm).....	157
Annexe 8. Croissance en diamètre de <i>M. laurentii</i> de T4 dans les NF (en cm).....	158
Annexe 9. Croissance en diamètre des macroboutres de <i>M. laurentii</i> de T1 (en cm)	159
Annexe 10. Croissance en diamètre des macroboutres de <i>M. laurentii</i> de T2 (en cm)	160
Annexe 11. Croissance en diamètre des macroboutres de <i>M. laurentii</i> de T3 (en cm)	161
Annexe 12. Croissance en diamètre des macroboutres de <i>M. laurentii</i> de T4 (en cm)	163
Annexe 13. Nombre des bourgeons vivants sur les macroboutures de <i>M. laurentii</i> de T1	164
Annexe 14. Nombre des bourgeons vivants sur les macroboutures de <i>M. laurentii</i> de T2	165
Annexe 15. Nombre des bourgeons vivants sur les macroboutures de <i>M. laurentii</i> de T3	166
Annexe 16. Nombre des bourgeons vivants sur les macroboutures de <i>M. laurentii</i> de T4	167
Annexe 17 : Liste des espèces inventoriées dans la savane témoin.....	168
Annexe 18 : Liste des espèces inventoriées dans la savane mise en défens	170
Annexe 19 : Liste des espèces inventoriées sous l'effet de litière des noyaux forestiers.....	171
Annexe 20 : Liste des espèces inventoriées dans la lisière des noyaux forestiers	174
Annexe 21 : Quelques images sur l'évolution de la savane	177

Première partie :

Introduction, Problématique, Cadre théorique, Revue bibliographique, Hypothèses, question de Recherche et Objectifs de l'étude

INTRODUCTION

Les savanes sont des formations végétales qui recouvrent des terres dont la mise en culture est relativement facile, et sont généralement caractérisées par des sols de faibles réserves organiques et minérales qui ne leur assurent qu'un équilibre fragile (YOKA et *al.*, 2007). Cependant, ces savanes sont parcourues annuellement par les feux courants sans que l'on puisse établir une règle générale quant à leur date, (ACHOUNDONG et *al.*, 2007). En RDC, ces feux sont précoces pendant la petite saison sèche (mi-janvier et février) et tardifs pendant la grande saison sèche (mai et septembre). Ils présentent donc le seul facteur anthropique freinant indubitablement la progression de la forêt, (DEFORESTA, 1990).

Cette situation freine la régénération naturelle des espèces forestières qui ont colonisé ces savanes au cours de leur histoire et dont il subsiste encore des témoins évidents sur le plateau des Batéké. Dans les savanes du plateau des Batéké, les principaux types d'activités humaines qui y sont pratiquées sont l'agriculture sur brûlis, l'exploitation du bois sous diverses formes (bois de chauffe, charbon de bois, bois pour la construction etc.), la cueillette et la chasse. Toutes ces activités sont devenues infructueuses. Le sol sableux s'est rapidement appauvri, la destruction de gîtes d'animaux a raréfié le gibier, la cueillette ne concerne plus que quelques fruits d'*Anisophyllea quangensis* et de *Landolphia lanceolata*.

La dégradation de l'environnement, liée à la démographie, revêt des aspects spécifiques; elle se caractérise par la disparition des formations naturelles des galeries forestières et des îlots forestiers (10 % du territoire) dominés par *Millettia laurentii* (Wengé) dont les gros individus ont été exploités depuis longtemps. Cette pression démographique constitue aussi une menace pour toutes les autres espèces d'arbres qui font, dès lors, l'objet de coupes sans discrimination. Face aux menaces que ces activités anthropiques font peser sur ces écosystèmes, une préoccupation croissante se développe autour des problèmes de perte et de dégradation de la biodiversité, (IYONGO et *al.*, 2012). C'est ainsi que les études orientées vers des mises en défens pour réduire les pressions anthropiques sur les formations végétales naturelles d'une part et favoriser la régénération naturelle des ligneux d'autre part ont vu le jour. En effet, pour s'adapter aux contraintes nouvelles, et garantir ses sources d'énergie, on est amené aujourd'hui à planter des arbres et des arbustes différents au sein même du domaine de son exploitation où la coupe d'arbre prend de plus en plus de l'ampleur. L'arbre produit non seulement du bois mais aussi du fourrage, des fruits, une biomasse utilisée à de nombreuses

fins; il sert également à la conservation des eaux, à la stabilisation des sols, et à l'amélioration de la fertilité grâce à son système racinaire et à sa production de litière, il contribue enfin à la diversification des revenus, (BESSE et *al.*, 1991; Atangana et *al.* 2014).

L'arbre joue ainsi un rôle qui va au-delà de la pure et simple production de bois pour tenir une place essentielle dans les stratégies que les agriculteurs adoptent pour diversifier leur alimentation et pour répondre aux aléas climatiques. Bref un élément fondamental des systèmes de production, (RAYNAUT, 1997).

1. Problématique et question de recherche

En RDC la dégradation des écosystèmes forestiers s'observe de plus en plus autour des grandes villes jusqu'à un rayon de 150 kilomètres dans certains cas (MALELE, 2003 ; MALAISSE et *al.*, 1985). Les galeries forestières disparaissent en raison d'approvisionnement de ces agglomérations en bois énergie, PFL et PFNL. La forêt dense fait l'objet d'une exploitation majoritairement non maîtrisée qui peut engendrer des modifications environnementales sur l'ensemble du territoire national, (MALOBA, 2011). Quelques initiatives développées aux environs de Kinshasa (Projets Mampu et Ibi-village) ne couvrent pas les besoins en bois et énergie de cette grande ville où la population a été estimée à 10 millions d'habitants en 2009 ([www. statistiques-mondiales.com/congo_kinshasa.htm](http://www.statistiques-mondiales.com/congo_kinshasa.htm)) et les projections sont de 12 millions en 2025 (Ministère de l'Agriculture, 2010).

Certaines essences de haute valeur technologique et commerciale tel est le cas de *Millettia laurentii* longtemps surexploitées sont devenues rares. Cependant, sur ce point, la RDC n'a aucune politique crédible pour pallier à cette situation. La question que nous nous sommes posée est celle de savoir comment agir à moindre coût pour permettre au *M. laurentii* de reconquérir le territoire qui était sien au plateau des Batéké afin de restaurer l'après cueillette, une récolte durable de ce bois qui est une source de revenu pour la RDC.

Les alternatives de solution peuvent être adoptées par les études menées par les auteurs comme DUPUY & N'GUESSAN (1999) qui préconisent la sylviculture des espèces des bonnes qualités technologiques des bois en dehors de leurs aires d'origine. Par ailleurs, BELLEFONTAINE, (2005) ajoute que les espèces locales à usages multiples les plus utiles pourraient être multipliées, à peu de frais et à petite échelle, par des populations rurales.

Tel est le cas de *M. laurentii*, une des principales essences de la filière bois aux propriétés technologiques et esthétiques (MENGA et al., 2012). L'approche proposée ici est celle énoncée par DOUCET, (2003) qui vise à assurer une exploitation réellement durable.

1.1 Hypothèses

- En l'absence des noyaux forestiers préexistants, la régénération forestière en savane herbeuse est très lente ou nulle ;
- en absence de brûlis, les zones des savanes du plateau des Batéké seront reconquises par la forêt à partir des noyaux forestiers mis en défens ;
- la plantation sur des petites surfaces (placettes) de *M. laurentii* en association avec d'autres essences à croissance rapide (*Acacia mangium*) permet effectivement un développement rapide, de véritables îlots forestiers s'enrichissant annuellement et s'étendant grâce à l'effet lisière et de litière ;
- la régénération forestière assistée en bordure des îlots forestiers naturels en savanes étant très rapide, les noyaux forestiers plantés devraient suivre la même dynamique.

1.2 Objectifs de l'étude

L'objectif général de cette étude est d'expérimenter des techniques sylvicoles de régénération et d'expansion de *M. laurentii* qui jadis prospérait dans les savanes de plateau des Batéké dont les témoins forts dégradés subsistent encore ça et là.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- expérimenter la régénération de *M. laurentii* par la technique des noyaux forestiers en vue de préserver, améliorer et renforcer la densité de *M. laurentii* ;
- comparer la régénération de *M. laurentii* par plantules et par macroboutures ;
- analyser la morphologie du système racinaire de *M. laurentii* issu de plantation directe, de pépinière et de macrobouture en vue de faire ultérieurement un meilleur choix de méthode de propagation;
- répertorier les espèces indicatrices de la régénération forestière par effet de lisière et de litière ;
- comparer l'évolution de la température dans la savane mise en défens, savane témoin (qui brûle chaque année), la lisière forestière, et la galerie forestière voisine.

1.3 Cadre théorique

Les forêts de la République Démocratique du Congo couvrent une superficie estimée à 155,5 millions d'ha (dont 99 millions d'ha de forêts denses humides) soit 67% du territoire national dont la superficie est d'environ 2.329.374 km². Elles représentent près de la moitié des forêts tropicales humides d'Afrique, avec une population très inégalement répartie sur le territoire national, les plus fortes densités se rencontrent à l'Est du pays ou au Sud-ouest, autour de la ville-province de Kinshasa et de la province du Bas-Congo (EBA'A et *al.*, 2008; BISIAUX et *al.*, 2009; LELO, 2008; 2011; LELO et TSHIMANGA, 2004;).

Ces régions à fortes densités de populations humaines sont aussi celles où les ressources forestières subissent la plus forte pression résultant en une perte ou une dégradation du couvert forestier (EBA'A et *al.*, 2008; KOUBOUANA et *al.*, (2007). Ces forêts offrent des moyens de subsistance à 60 millions de personnes qui vivent ou résident à proximité (nourriture, pharmacopée, combustibles, fibres, produits forestiers ligneux et non ligneux), elles remplissent aussi des fonctions sociales et culturelles (DESCLÉE et *al.*, 2013). Il y a donc un besoin crucial de renforcer les recherches dans ces zones des forêts tropicales où se trouve la plus grande diversité de plantes.

Des grandes concentrations des populations, de par leur taille et leurs activités, perturbent ces écosystèmes, ceci entraîne un appauvrissement rapide et une forte sensibilité à l'érosion.

Ainsi, dans le but de conserver ces écosystèmes terrestres, des zones de conservation devraient actuellement être définies et protégées (MURRAY, 2009 ; VANDE et *al.*, 2005).

Par conséquent pour assurer la durabilité de ces ressources, certaines techniques comme la sylviculture, l'agroforesterie, la domestication doivent être priorisées, pour assurer la conservation et de stabilisation des écosystèmes dans la logique de prise de conscience.

1.4 Revue bibliographique

A titre de rappel, nous faisons ici quelques précisions des termes les plus employés dans le domaine forestier et qui reviendront dans la suite du travail:

1.4.1. La forêt: le terme forêt a plusieurs définitions selon les auteurs. Nous retiendrons deux définitions dont (a) celle communiquée à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) et (b) celle développée dans le code forestier de la RDC (2002).

La forêt est ainsi définie respectivement comme, un terrain qui a :

- a) soit un couvert arboré minimal de 30%; pour une superficie minimale de 0,5 hectare; avec une hauteur minimale d'arbres de 3 mètres.
- b) soit encore recouvert d'une formation végétale à base d'arbres ou d'arbustes aptes à fournir des produits forestiers, abriter la faune sauvage et exercer un effet direct ou indirect sur le sol, le climat ou le régime des eaux.

1.4.2. Le reboisement: conversion anthropique directe de terres non forestières en terres forestières par plantation, ensemencement et/ou promotion par l'homme d'un ensemencement naturel sur des terrains qui avaient précédemment porté des forêts mais qui ont été convertis en terres non forestières, (GIEC, 2003).

1.4.3 Le déboisement: procédé naturel ou anthropique consistant à transformer une forêt en terre non forestière, (GIEC, 2003).

1.4.4 Le boisement: conversion directe par l'homme des terres qui n'ont pas été boisées pendant au moins 50 ans en zones forestières au moyen de la plantation, de l'ensemencement et/ou de l'encouragement à utiliser des ressources naturelles d'ensemencement, (GIEC, 2003).

1.4.5 L'arbre: est tout végétal de grande taille dont la tige ligneuse est nommée tronc (dictionnaire du paysage, 2008). Pour PARENT (1990), l'arbre est tout végétal ligneux de taille élevée possédant un tronc qui ne se ramifie qu'à partir d'une certaine hauteur.

1.4.6 L'arbuste: est tout végétal dont par convention, la hauteur est inférieure à 50 cm, (dictionnaire du paysage, 2008). Pour PARENT (1990) l'arbuste est un végétal ligneux d'une hauteur totale inférieure à 5 mètres.

1.4.7 L'habitat: est le lieu ou type de site dans lequel un organisme ou une population existe à l'état naturel, selon la Convention sur la diversité Biologique, (1992).

1.4.8 La conservation: mesures de gestion permettant une utilisation durable des ressources et des écosystèmes forestiers, y compris leur protection, entretien, restauration et amélioration, selon le Code forestier Congolais, (2002).

1.4.9 La diversité biologique: c'est la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes, selon la Convention sur la diversité Biologique, (1992).

1.4.10 Les ressources biologiques: sont les ressources génétiques, les organismes ou éléments de ceux-ci, les populations, au tout autre élément biotique des écosystèmes ayant une utilisation ou une valeur effective ou potentielle pour l'humanité, selon la Convention sur la diversité Biologique, (1992).

1.4.11 L'utilisation durable: est l'utilisation des éléments constitutifs de la diversité biologique d'une manière et à un rythme qui n'entraînent pas leur appauvrissement à long terme, et sauvegardent ainsi leur potentiel pour satisfaire les besoins et les aspirations des générations présentes et futures, selon la Convention sur la diversité Biologique, (1992).

1.4.12 La sylviculture durable: est l'utilisation et la gestion durable des écosystèmes de la forêt de telle façon qu'elle subvienne aux besoins des générations actuelles sans compromettre la capacité des générations futures à utiliser les forêts, (RAVEN et *al.*, 2008).

1.5 Les savanes

1.5.1 Définition

Le mot « savane » a une polysémie développée en fonction des différentes approches géographiques. Ainsi, sa définition varie en fonction de la biogéographie, des conditions écologiques, du climat, des sols et de la géomorphologie, (HIOL HIOL et *al.*, 2013).

Par savane on entend une formation végétale et faunistique tropicale où dominant les espèces herbacées héliophiles, de tailles et de couvertures variées, avec quelques boisements ou maquis. Leur rythme biologique est de type alterné (saison humide/saison sèche) (CAMARA, 2000). Selon DUVIGNEAUD (1953), les savanes sont des formations végétales purement herbeuses, soit possédant, en plus des strates herbacées, une strate arbustive ou arborescente assez lâche dont les constituants n'ont aucune action notable sur la composition des strates inférieures. AUBREVILLE (1957) et TROCHAIN (1957), dans JACQUIN (2010) définissent les savanes comme des « formations herbeuses ouvertes composées de graminées vivaces et annuelles ». Elles sont plutôt constituées par une très grande proportion de hautes herbes, surtout les graminées, dans les régions tropicales soumises à une plus ou moins longue saison sèche. Parmi leurs caractéristiques, au moins les deux critères suivants doivent être réunis pour parler de savanes (MUHASHY et *al.*, 2011):

- absence d'arbres ou s'il y en a, leur hauteur est inférieur à 20 m, les cimes sont très disjointes et l'ensemble du couvert est très éclairci ;
- présence d'une strate graminéenne facilitant la circulation des feux.

1.5.2 Origine des savanes

En milieu tropical humide, la déforestation conduit à des végétations herbacées. Dans certaines situations, la savane peut s'installer définitivement, (AVENARD, 1969). Dans d'autres, elle n'est qu'un état transitoire dans la régénération forestière, (RAKOTOARIMANANA *et al.*, 2008; GÜNTHER *et al.*, 2008).

L'origine des savanes d'Afrique centrale, est controversée, (KEAY, 1959; KLEIN, 2002; VANDE, 2004). Elle varie selon les auteurs: paléo-climatique, (BURNEY, 1997; HUMBERT, 1927; PERRIER, 1921), édaphique, par l'action du feu, (KULL, 2004; BURNEY, 1996) ou anthropique, (GADE, 1996). Le concept de savane s'est forgé depuis la seconde moitié du XX^{ème} siècle avec les rapports scientifiques anglo-saxons et francophones et des chercheurs des pays où ce milieu est présent, (HIOL HIOL *et al.*, 2013).

SCHNELL, (1971) cité par FAO (<http://www.fao.org/docrep/w4442f/w4442f08.htm>, consulté le, 17.08.2015) propose trois scénarii explicatifs qui peuvent servir de repères sur l'origine des savanes:

- **origine naturelle:** cette conception envisage que les savanes (principalement graminéennes) se sont installées dans des milieux qui ne pouvaient pas accueillir une végétation forestière abondante, en raison de la pauvreté des sols ou de l'existence d'anciens climats limitants. Dans cette approche, la savane est l'expression d'un milieu carencé et contraint. Cependant, face à des considérations variées comme le développement de certaines savanes en zone humide « Esobé en pleine forêt équatoriale », les caractères végétaux et animaux du peuplement de diverses savanes, les structures pédologiques et l'ancienneté des feux, l'idée des savanes naturelles cède le pas, dans certains cas au moins, à une théorie délictuelle des savanes ;
- **origine délictuelle:** cette conception repose sur des indications plaçant pour une continuité ancienne des savanes. Elles seraient apparues durant une période plus sèche et se seraient maintenues grâce à l'action des feux ;
- **origine secondaire:** dans cette approche évolutive, une double origine des savanes semble possible: soit qu'elles dérivent d'anciennes formations hydrophiles denses remplacées par des espèces moins hydrophiles (savanes de substitution), soit qu'elles succèdent à des formations arborescentes sèches (forêts denses sèches par exemple) et dans ce cas, on parle de savanes différenciées sur place. Cette secondarisation, principalement anthropique, n'est pas facilement prouvable et peu d'indices permettent de la confirmer.

Aujourd'hui, les auteurs admettent, pour la plupart, qu'elles sont maintenues dans leur état par les feux et que par conséquent elles sont non climaciques parce que, mise en défens, elles progressent vers des formations arborées, (SCHZART et *al.*, 1996; ACHOUR et *al.*, 2011; BADJI et *al.*, 2013)

1.5.3 Classification des savanes

Les savanes peuvent être classées en se basant sur leur caractéristique physiologique en trois grands ensembles : savanes herbeuses, savanes arbustives et savanes arborées.

- **Les savanes herbeuses:** ce sont celles dans lesquelles les arbres et les arbustes sont ordinairement absents. Ce type de végétation est représenté sur tous les itinéraires des observations effectuées sur le plateau des Batéké (MUHASHY et *al.*, 2011); l'absence d'arbres ou d'arbustes permet aux plantes héliophiles de se développer. (Photo 1).

- **Les savanes arbustives:** se caractérisent par leur physiologie avec deux strates bien distinctes: une strate herbacée composée de graminées et peu développée car dominée par une strate arbustive avec des éléments ligneux entre 1,80 m et 5 m de hauteur (Photo 2).

- **Les savanes arborées:** (ou pré-forestières) représentent une formation intermédiaire entre la forêt et la savane arbustive (Photo 3). Elles se distinguent des autres au point de vue physiologique et de la structure par la présence d'arbres. Ceux-ci ont une petite taille mais pouvant dépasser 7 m de haut, avec un recouvrement de plus ou moins 20 % de la superficie de l'habitat (MUHASHY et *al.*, 2011). Ces trois types des savanes sont présents sur le plateau des Batéké.

Plusieurs caractéristiques sont communes à ces trois ensembles de savanes: dans toutes les régions, les savanes coexistent avec les forêts et brûlent régulièrement en saison sèche, elles sont menacées par la désertification, les changements climatiques, les pratiques agricoles et contraintes environnementales non durables, ce qui entraîne une diminution de leur diversité biologique et l'apparition d'espèces envahissantes, (HIOL HIOL et *al.*, 2013).



Photo 1: Savane herbeuse



Photo 2: Savane arbustive



Photo 3: Savane arborée

1.5.4 Ecologie des savanes

Comme nous l'avons dit plus haut, les savanes constituent un écosystème complexe marqué par la coexistence d'une strate herbacée et d'une ou plusieurs strates arbustive et/ou arborée sous l'effet de l'interaction de plusieurs facteurs environnementaux: régimes de pluies variés, rôle du feu, action anthropique et de l'élevage. Les écosystèmes purement herbacés et purement ligneux constituent les extrêmes d'un continuum « savane » qui peut être défini comme une entité fonctionnelle liée à l'équilibre herbes-arbres, (SANKARAN *et al.*, 2005).

Les savanes présentent une structure spatiale très hétérogène, résultante de la répartition spatiale des arbres (densité) et des caractéristiques du sol (capacité de rétention en eau et richesse en matière organique). Cela a des conséquences sur l'intensité des facteurs environnementaux qui présentent également une grande variabilité spatiale. Selon la quantité de biomasse herbacée, le feu sera plus ou moins intense. Selon la qualité, la quantité et la disponibilité de la ressource herbacée, les herbivores vont pâturer de manière préférentielle ces zones. Ces caractéristiques de fonctionnement font des savanes des écosystèmes dynamiques. La suppression ou la modification d'un des facteurs liés à l'équilibre herbes-arbres se traduit par une perturbation qui peut aboutir à un changement de structure du couvert végétal selon l'intensité et/ou la durée des facteurs de pression, (JACQUIN, 2010).

Les savanes font l'objet de nombreuses études, (MONNIER, 1981; SCHWARTZ *et al.*, 1996; MALAISSE, 1997; AMBE, 2000; BOUKAR *et al.*, 2009; DEMERS, 2014; et d'autres comme, GIGNOUX *et al.*, 1997; WALKER & NOY, 1982; JELTSCH *et al.*, 2000 cités par JACQUIN, 2010) qui concourent à conclure que la plupart d'entre elles sont maintenues dans leur état par les feux de brousse et, par conséquent, sont considérées comme non climaciques.

L'utilisation des savanes à des fins agricoles et pastorales occasionne des conséquences graves sur l'environnement car, il y a le risque de disparition de certaines espèces végétales et animales ainsi que de dégradation des sols ; la pratique à grande échelle de ces activités sur ces terres nécessite au préalable une meilleure connaissance de ces savanes, en vue d'apprécier leurs potentialités agricoles et pastorales pour gérer rationnellement l'espace occupé, (YOKA *et al.*, 2007). Les savanes sont particulièrement exposées à des risques importants de dégradation, dans la mesure où la majeure partie est localisée dans des zones arides ou semi-arides qui abritent une part importante de la population mondiale, (REYNOLDS *et al.*, 2007).

De par leur importance d'un point de vue agricole, écologique et environnemental, la question de leur pérennité représente un enjeu majeur, (ANCEY, 1996; BOUTONNET et *al.*, 2001; SERE, 994) in JACQUIN, (2010).

1.5.5. Savanes de la RDC

En République Démocratique du Congo, les savanes occupent près de 32,7 % du territoire national (MECN-DD et *al.*, 2005). Ces savanes sont réparties inégalement dans cinq domaines phytogéographiques. Elles ont pour constante, comme les autres savanes du monde, un couvert ligneux peu dense, parfois inexistant, formé d'essences d'arbustes banales, dont le contact avec la forêt est toujours brutal:

1. Les savanes de la façade maritime rejoignent le Mayombe par l'intermédiaire d'une mosaïque de plus en plus forestière au fur et à mesure qu'on se rapproche de ce massif montagneux. Au nord de Mayombe, elles se raccordent aux "plaines" Gabonaises, et sont étroitement intriquées avec les forêts littorales à *Symphonia* ou à Okoumés. Au sud, elles prolongent les formations soudano-zambéziennes du Kongo Central et de l'Angola. Ces savanes se développent sur des sols sableux très désaturés, dans une zone où la pluviométrie est comprise entre 1150 et 1300 mm/an.
2. Les savanes du pays des Batéké qui font l'objet de la mise en défens dans notre étude, se développent sur des sols sableux. Elles se prolongent à l'ouest par les savanes de Franceville au Gabon, à l'est par les formations Batéké de la RDC. Selon la richesse des sols en argile et en matière organique, les graminées dominantes sont différentes. La pluviométrie de cette région varie de 1300 à plus de 2000 mm/an (SCHWARTZ et *al.*, 1996) .
3. Les savanes de la cuvette Congolaise prolongent au nord les savanes du pays des Batéké sur des sols sableux hydro morphes. Elles sont du même type que les précédentes. La pluviométrie de cette région est comprise entre 1600 et 2000 mm/an.
4. Les savanes incluses dans des massifs forestiers diffèrent des précédents non par leur composition botanique, mais aussi par leur taille qui ne dépasse pas quelques centaines d'hectares. Leurs contours sont très géométriques. Les types de sols sont les mêmes que ceux des forêts qui les bordent, et la pluviométrie n'en diffère pas fondamentalement.

Les facteurs édaphiques et climatiques n'expliquent cependant pas à eux seuls cette répartition. En effet, dans toutes ces zones, les savanes coexistent avec des forêts soumises aux mêmes conditions paléo climatiques. Ce fait laisse donc supposer une origine et une évolution complexes de ces végétations graminéennes.

1.5.6. Utilisation des savanes

Les formations savaniques remplissent des fonctions écologiques importantes et fournissent des produits forestiers ligneux et non ligneux qui contribuent de manière significative au bien-être humain aux niveaux local, national et mondial. Les produits forestiers non ligneux comprennent les fruits, les légumes, les noix, les graines, les racines, les champignons, la viande de brousse, les produits de la ruche, les insectes comestibles, les œufs et les plantes médicinales qui sont particulièrement importants dans la vie des communautés vivant dans ces formations. De nombreux fruits sauvages sont consommés par les populations rurales. Il existe un important commerce pour certains fruits, la majorité d'entre eux est consommée crue sur les lieux même de la cueillette. Si quelques espèces fruitières sont épargnées lors des défrichements, la plupart d'entre elles sont détruites au profit des cultures, plus rentables économiquement, (AMBE, 2000). Ces produits jouent également un rôle important dans les économies nationales de nombreux pays d'Afrique occidentale et centrale, (HIOL HIOL et al., 2013). Malgré ces nombreux avantages, les savanes sont soumises à une pression de plus en plus forte, d'abord foncières, avec la disparition des espaces disponibles et la saturation progressive de l'espace, avec le recul et/ou la dégradation de la végétation forestière. L'extension des cultures contribue à la disparition des espèces de la végétation naturelle. Elles sont confrontées à la gestion des déplacements des troupeaux, des ressources herbacées et aux relations cultivateurs-éleveurs, (BOUKAR et al., 2009).

1.5.7 Dynamique des espèces végétales en milieu hétérogène

Les conditions biotiques et abiotiques des milieux présentent une variabilité spatio-temporelle (perturbations et successions secondaires, conditions climatiques, substrat, etc.) qui conduisent à l'échelle du paysage à une mosaïque dynamique de tâches de végétation ayant des compositions et des structures différentes (ANDRIEU, 2006; MONNIER, 1981 ; MALAISSE, 2010).

Les réponses des espèces à cette variabilité dépendent de leurs traits d'histoire de vie. La théorie des traits d'histoire de vie postule l'existence de compensations entre traits, (BELL & KOUFOPANOU, 1986) in ANDRIEU, (2006): ainsi, sur la quantité de ressources disponibles d'une année donnée, une fraction sera investie dans la survie et l'autre dans la reproduction.

Chez les espèces annuelles, les ressources sont allouées entièrement à la reproduction puisque les individus meurent dans l'année. La persistance locale des populations dépend alors uniquement du recrutement, et donc de la disponibilité en microsites favorables. En revanche, chez les plantes pérennes, une partie des ressources est allouée à la survie afin de permettre la persistance locale de la population. Chaque événement de reproduction peut donc infliger des coûts en termes de survie aux individus.

Les espèces annuelles et pérennes auront ainsi des réponses différentes aux variations temporelles des conditions du milieu. Chez une espèce annuelle, une dégradation des conditions environnementales conduit immédiatement à un déclin de la population. La persistance dépend alors de la présence d'une banque de graines permettant d'attendre un retour de conditions plus favorables, (FISCHER *et al.*, 1998) cités par ANDRIEU, (2006). La dissémination des graines permet elle la colonisation de nouveaux sites favorables et donc la persistance régionale de l'espèce (fonctionnement en métapopulations).

Ainsi, la distribution géographique d'une espèce dépend à la fois de ses capacités de dissémination, de sa persistance locale et de l'hétérogénéité spatio-temporelle du milieu. Ceci peut expliquer que la distribution d'une espèce ne corresponde pas forcément à la distribution des habitats qui lui sont favorables (PULLIAM, 2000) in ANDRIEU, (2006).

En effet, une espèce peut être présente dans un habitat défavorable du fait du délai de réponse aux changements de l'habitat ou bien si le flux de propagules est suffisamment important pour permettre la persistance d'individus dans un habitat défavorable (fonctionnement en source-puis). Inversement, une espèce peut être absente d'un habitat favorable si le flux de propagules est insuffisant pour permettre sa colonisation.

1.6 Concept « aire mise en défens »

1.6.1 Considération du concept

TOURE *et al.*, (2002) définissent la mise en défens comme étant l'ensemble des mesures consensuelles prises par les populations locales, pour réhabiliter et conserver les ressources sylvo-pastorales d'une zone donnée de leur terroir, de façon à produire durablement des

avantages écologiques, socio-économiques et culturels. Pour DELWAULLE, (1975), dans BADJI *et al.*, (2013): la mise en défens est une technique qui consiste à mettre au repos, par des rotations périodiques, des surfaces dégradées afin d'y favoriser la régénération de couverture végétale et pédologique. De ces deux définitions, nous pouvons considérer la mise en défens comme étant un ensemble des mesures qui consistent à mettre au repos contre toute action anthropique (coupe de bois, feu, pratique agricole, chasse, etc.) une surface de terre dégradée en vue d'y favoriser la reconstitution des espèces végétales et animales. Elle peut être une solution alternative aux opérations de reboisement. Cette méthode a été utilisée au Sahel pour mesurer la vitesse de « cicatrisation » d'un écosystème dégradé, (TOUTAIN *et al.*, 1983).

1.6.2 Objectifs majeurs de la mise en défens

Les objectifs majeurs de la mise en défens sont au nombre de six :

- permettre la conservation de la biodiversité et les zones retrouvent les forêts avec les faunes sauvages en disparition actuellement ;
- assurer la protection et la conservation des espèces les plus exploitées en vue d'une utilisation rationnelle ;
- favoriser la régénération de couvertures végétale et pédologique pour une production soutenue ;
- favoriser la reconstitution des zones dégradées par la régénération naturelle ;
- fournir à long terme aux populations les produits forestiers ;
- promouvoir la prise en charge de la gestion des ressources naturelles, la conservation et leur reconstitution par les populations elles-mêmes.

1.6.3 Avantages de la mise en défens

Les avantages de la mise en défens sont:

- la réhabilitation/récupération des terres dégradées et leur possibilité de remise en culture ;
- la protection de la parcelle contre les phénomènes d'érosion ;
- l'accroissement des productions culturelles ;
- la régénération d'espèces ligneuses dans les parties traitées et protégées ;
- la restauration progressive de la faune et de la flore et réapparition d'autres espèces qui avaient disparu.

1.6.4 Mise en défens et ses effets sur le couvert végétal

Les effets de la mise en défens sur le couvert végétal sont dans l'ensemble les mêmes à travers le monde. Le ruissellement le plus fort affecte principalement les formations végétales dégradées du plateau résiduel. Les défrichements, le pâturage et la sur- exploitation du bois de chauffe fragilisent les sols et augmentent leur sensibilité au ruissellement et à l'érosion suite à l'exposition du sol à l'agressivité des pluies qui entraîne un ruissellement important et une érosion dans les zones de cultures. Le contrôle de ce phénomène requiert des actions d'aménagement qui favorisent la régénération des ressources naturelles, en particulier le couvert végétal, DIATTA, (1994).

La mise en défens en tant que pratique qui favorise la reconstitution de la végétation naturelle, contribue à augmenter la capacité de séquestration du carbone et fournit des produits forestiers ligneux et non ligneux aux paysans. BROUWERS, (1987) cité par DIATTA, (1994) a mis en évidence quatre unités correspondant aux principaux faciès de végétation (du plateau): versant (faciès 1), bordure (faciès 2), glacis cuirassé ou Piémont (faciès 3) et sommet (faciès 4). Ces unités ou faciès ont fait l'objet d'un suivi de l'évolution des couverts végétaux et pédologiques en condition de mise en défens.

1.7 Répartition des espèces

Les espèces sont réparties en deux groupes, en fonction de leurs caractéristiques technologiques évaluées dans un objectif "bois d'œuvre" :

- les essences commerciales (ou principales) : ce sont les essences commercialisées ou à promouvoir du fait de leurs caractéristiques technologiques intéressantes. Elles sont divisées en trois catégories selon leurs qualités : grande qualité/qualité moyenne/moindre qualité. Aujourd'hui, la gamme des espèces commerciales effectivement utilisées couvre la majorité de ces essences commerciales toutes catégories confondues. C'est dans cette catégorie que se situe *M. laurentii*.
- les essences secondaires : ce sont les essences non utilisées ou non utilisables à ce jour en bois d'œuvre, (DURRIEU et *al.*, 1998), avec des mauvaises qualités technologiques pour la plus part, (KOUASSI et *al.*, 2007). Les recherches doivent être minutieusement menées dans cette seconde catégorie puis que d'autres espèces des caractéristiques technologiques intéressantes restent à découvrir.

1.8 Modes de dispersion des espèces

La reproduction végétative est la forme dominante de la régénération, (PYWELL et *al.*, 2003; CORNELISSEN et *al.*, 2003) in (BOCQUET, 2005). Il est important de pouvoir tester son influence pour la reconquête de la forêt sur les zones d'interface, (BOCQUET, 2005). Le mode de dispersion des graines des espèces végétales est varié. PRÉVOST, (1983) a synthétisé les modes de dispersion intervenant dans différents milieux.

1.8.1. Zoochorie

Elle repose sur une association mutualiste entre une plante et un animal. Elle implique une complémentarité entre la nécessité pour le végétal de disséminer ses graines et celle pour l'animal de s'alimenter. La plante investit une partie de son énergie dans la production de graines et de fruits dont les annexes doivent être attractives pour les animaux. Selon Van der Pijl, (1982) in (BOCQUET, 2005), un fruit zoochore comprend trois parties essentielles :

- ✓ la graine, fondamentale pour la reproduction de la plante, protégée par un tégument dur ou une substance toxique ;
- ✓ une partie charnue riche en éléments nutritifs et appréciés par les animaux frugivores. Les animaux frugivores qui s'en nourrissent n'en tirent que des éléments énergétiques. Il leur faut chercher dans d'autres aliments, les éléments azotés dont ils ont besoin (insectes par exemple).
- ✓ les annexes constituant les signaux attractifs (pigments colorés, signaux olfactifs).

1.8.2 Anémochorie

Les plantes anémochores sont celles dont les diaspores sont dispersées par les courants aériens. Les espèces anémochores sont réparties dans des familles très diverses, l'organe de dissémination étant la graine, le fruit ou encore les dispositifs extrafloraux. D'autres diaspores (graines ou fruits ailés) sont de type « planeur lourd » avec une surface de prise au vent relativement faible par rapport à leur poids. Elles ne volent pas dans les airs et sont disséminées à des distances moins longues que les graines légères. Quelques fruits gonflés d'air sont transportés par le vent comme des ballons. Le pouvoir dispersant du vent permet aux végétaux anémochores d'envahir assez facilement les milieux ouverts et de conquérir de nouveaux espaces. Il s'agit dans la plupart des cas d'espèces pionnières, (BOCQUET, 2005).

1.8.3 Barochorie

Les plantes barochores possèdent des diaspores dépourvues d'organes de dispersion spécialisés. Seul leur poids leur permet de tomber au sol et d'être disséminées non loin de la plante mère. Un agent disséminateur secondaire, comme l'eau ou un animal, peut ensuite les entraîner plus loin.

1.8.4 Autochorie

Les végétaux autochores sont ceux qui assurent eux-mêmes la dispersion de leurs diaspores. Certaines légumineuses (*M. laurentii*, *Pentaclethra eetveldeana* etc.) peuvent projeter à distance leurs graines lors de l'ouverture brutale des gousses. La dispersion des graines est une alternative pour les diaspores à la mortalité importante près des pieds mère due à la prédation, à la compétition et aux agents pathogènes. Dans les forêts tropicales sèches, il existe une correspondance entre la maturation des fruits et les conditions de dispersion dues aux différences prononcées des facteurs biotiques et abiotiques entre les saisons sèches et humides, (Sobral Griz *et al.*, 2001) in (BOCQUET, 2005).

1.9 Nature des activités humaines

Parmi les millions d'espèces qui habitent sur terre, une seule espèce "Homo sapiens" a de très grandes capacités intellectuelles, cette compétence propre à l'homme lui a permis de s'aventurer dans l'espace, (RAVEN *et al.*, 2009). C'est lui qui défait et refait, modèle et remodèle le paysage. L'homme est l'artisan principal d'un écosystème urbain. Il joue un rôle principal et déterminant sur les phytocénoses urbaines. C'est ainsi qu'on assiste à une modification de la biodiversité naturelle en milieu urbain, (MASENS, 1997). L'une des particularités des modifications causées par l'activité humaine est qu'elles changent de manière si profonde les caractéristiques biotiques et abiotiques du paysage qu'un retour aux communautés climatiques d'origine sera impossible, même avec l'intervention de l'homme. Les effets immédiats de nos nombreuses activités peuvent être mesurés mais il nous est impossible de prédire avec précision les conséquences qui en découlent à long terme.

Il est rare de trouver un écosystème non altéré par l'activité humaine, les êtres humains modifient la structure des écosystèmes de même que la composition des communautés d'organismes qu'ils abritent, (MURRAY, 2009).

Son impact se manifeste principalement par les défrichements de la végétation conduisant à la longue à la disparition de certains taxons, l'introduction intentionnelle ou inconsciente d'espèces nouvelles, la pratique des feux courants, la dissémination des espèces, (Nykabwa in MASENS, 1997).

Les activités humaines sont une composante clef de l'étude des impacts de l'hétérogénéité spatio-temporelle sur la dynamique des populations des espèces. En effet, celles-ci structurent les paysages, (VITOUSEK *et al.*, 1997; OLLSON *et al.*, 2000) cités par ANDRIEU (2006).

Dans le cas à l'étude, les changements d'utilisation des terres sur le plateau des Batéké sont la principale cause de l'actuelle érosion de la biodiversité. En effet, les activités humaines sont multiples et complexes dans cette zone, allant de l'exploitation de grande envergure, des bois, à la simple exploitation familiale, par les paysans, des produits forestiers ligneux et non ligneux à proximité de leur habitat. Entre ces deux extrêmes, se trouve une grande diversité de situations tant liées aux objectifs et modes d'exploitation qu'aux ressources disponibles et aux mesures environnementales mises en œuvre pour les contrôler. Dans tous les cas, la ressource et l'influence de son exploitation doivent être évaluées afin d'en améliorer la gestion ou de contribuer à sa conservation si une menace se présente.

Les villageois exploitent les bois forestiers pour la construction des habitations, paillottes, fabrication des manches, perches, production de charbon de bois, bois de chauffe, etc. Parmi les espèces les plus exploitées, on note : *Millettia laurentii*, *M. drastica*, *M. versicolor*, *Dialium englerianum*, *Bridella ferruginea*, *B. micrantha*, *Caloncoba welwitschii*, *Albizia adanthifolia*, *Hymenocardia acida*, *H. ulmoides*, *Acacia auriculiformis*, *A. mangium* etc.

Une profonde modification des paysages a été générée par deux mécanismes : d'une part, l'augmentation importante de la surface agricole exploitée, d'autre part la pratique commune, de la survie, de charbonnage pur et sur brûlis, alors que l'augmentation du couvert forestier a des impacts importants non seulement sur le fonctionnement des écosystèmes, (DEBUSSCHE *et al.* 1987), mais aussi sur le fonctionnement des populations de plantes herbacées des milieux ouverts, des clairières ou des lisières.

1.10 Plantations forestières

Ce sont les milieux forestiers résultant de plantations, généralement à vocation économique et souvent gérées selon les principes de la sylviculture moderne, certaines de ces plantations peuvent avoir une autre vocation que la production, celle par exemple de reverdissement du

site par plantation d'arbres pour fixer les sols instables, (HAUTECLAIR, 2009). Les plantations forestières peuvent, par leur diversité et leur souplesse de mise en œuvre, contribuer efficacement à satisfaire les besoins nationaux en produits forestiers ligneux et agroforestiers et participer au développement économique des pays. Elles peuvent également concourir au maintien et à la restauration de la diversité biologique et des fonctions productives des forêts naturelles d'Afrique centrale après perturbation anthropique, (MALLET *et al.*, 2004).

Ces plantations peuvent être linéaires, en bandes, en blocs et divers objectifs leur sont assignés. Il s'agit entre autres de la production de bois de feu, la production de fruits, la défense et restauration des sols et la fixation biologique de ces sols.

1.11 Agroforesterie, domestication et sylviculture

L'agroforesterie désigne des systèmes d'utilisation des terres où l'on fait pousser des arbres ou des arbustes en association avec des cultures, des pâturages ou de bétail et dans lesquels existent des interactions à la fois écologiques et économiques entre les ligneux et les autres composantes, (YOUNG, 1995; ATANGANA *et al.*, 2014).

Selon VON *et al.*, (1982) cités par BILOSO, (2008), le terme agroforesterie consiste donc à cultiver délibérément des plantes pérennes ligneuses en association avec des cultures agricoles ou avec le pâturage, ces divers types de production pouvant coexister ou se succéder. Il y a en tout état de cause, une interaction écologique ou économique qui peut être positive ou négative entre la végétation ligneuse et les autres composantes du système.

MALDAGUE, (2010) définit le terme d'agroforesterie comme étant des systèmes où interviennent trois dimensions :

- la conservation (protection et utilisation rationnelle) de l'environnement biophysique ;
- l'aménagement forestier polyvalent (y compris le dendro-énergie et les PFNL) ;
- la production alimentaire (végétale, animale, y compris piscicole).

Ces différentes dimensions doivent être traitées comme les composantes d'un tout, d'un système et trouver, de ce fait, leur place dans le cadre du développement rural intégré. Grâce à l'intégration des arbres dans le système rural et aux multiples fonctions que ces derniers exercent dans l'écosystème, les systèmes agro-forestiers, à l'instar de la forêt, contribuent au maintien, voire à l'amélioration de la fertilité du sol. Ils exercent ainsi une action positive qui contribue à la durabilité de ces systèmes de production.

Ainsi, ATANGANA *et al.*, (2014) redefinissent l'agroforesterie comme un nom collectif pour tout système de gestion des ressources naturelles où des ligneux pérennes sont intégrés spatialement, temporellement ou spatio-temporellement sur une même superficie avec des herbacées ou des cultures pérennes de valeur (alimentaire, industrielle, horticole, fourragère, botanique, décorative, artistique) et/ou du bétail, des organismes terrestres ou aquatiques, en vue de diversifier et soutenir la production pour une augmentation de la santé et du bien-être des utilisateurs de la terre à tous les niveaux, en fonction des circonstances écologiques, socio-économiques, politiques et culturelles.

L'agroforesterie englobe de nombreux concepts et peut recouvrir des modalités d'application très différentes. Selon le Centre mondial d'Agroforesterie, « les arbres sont une source de produits et services pour les populations rurales et urbaines. Alors que la végétation naturelle est progressivement supprimée pour les besoins de l'agriculture et d'autres types de développement, les services que rendent les arbres peuvent être maintenus par leur intégration au sein même des systèmes agricoles», (TAFOKOU, 2014).

Les relations de l'agroforesterie avec la conservation du sol sont influencées par le climat, le type du sol et la topographie. Les principales composantes des systèmes agro-forestiers sont les ligneux, les plantes cultivées, les pâturages et le bétail ainsi que les facteurs environnementaux (climat, sol, topographie). La domestication des arbres agroforestiers est un processus pluridimensionnel dans lequel une interaction progressive entre les hommes et les ressources végétales prend place, WIERSUM, (1996) dans DEGRANDE *et al.*, (2007). La domestication des arbres locaux vise l'augmentation, la stabilisation et la diversification des sources de revenus des paysans et l'amélioration des soins de santé dans les zones rurales, tout en encourageant le développement des pratiques agroforestières durables. Dans ce contexte, la domestication est donc un outil de gestion des ressources naturelles qui nécessite l'implication de tous les acteurs, (DEGRANDE *et al.*, 2007). La domestication des arbres est un phénomène beaucoup plus récent que celui des cultures annuelles. Si l'on s'en tient à la définition de LEAKEY & NEWTON, (1994) in BILOSO, (2008). D'après WIERSUM, (1996), la domestication des arbres implique trois étapes :

- le passage de l'utilisation incontrôlée des produits d'arbres sauvages à leur exploitation contrôlée ;
- la protection et la gestion dans un système agro-forestier ou dans un environnement enrichi ;
- la multiplication et la culture des arbres améliorés.

Ainsi, domestiquer un arbre revient à l'amener de son état sauvage à un état où il subit une certaine sélection et une gestion particulière. C'est aussi améliorer l'arbre pour qu'il corresponde mieux non seulement aux besoins et aux désirs de l'homme, mais aussi aux attentes du marché, (LARSEN, 1993).

En ce sens, la domestication joue un rôle très important dans la réduction de la pauvreté car, elle pourvoie les paysans en produits forestiers locaux qui sont quotidiennement utilisées pour leur alimentation, leurs soins médicaux et leurs constructions. Elle participe aussi à la diversification des revenus des ruraux et à l'épanouissement des communautés, (SCHRECKENBERG *et al.*, 2006).

La sylviculture est l'art et la science de cultiver les forêts. C'est l'une des disciplines de la foresterie. La sylviculture a pour rôle de faire évoluer les forêts, en mettant à profit les facteurs écologiques et les potentialités naturelles, afin d'optimiser durablement les produits et les services que l'homme peut en attendre. Le sylviculteur veille principalement à la régénération, à la récolte et à la production des forêts, (TORQUEBIAU, 2007).

La « sylviculture durable » renforce l'idée que la gestion doit veiller à ne pas surexploiter le milieu pour qu'il ne perde pas son potentiel dans le futur, ni sa capacité de résilience écologique, face aux modifications climatiques par exemple. Certains modes de gestion apportent une attention plus soutenue à l'environnement et à la biodiversité. Moins d'un tiers des 280 essences à bois d'œuvre étudiées sont cultivées. Les deux tiers restants sont récoltés dans la nature. La plantation d'essences à bois d'œuvre renforce la disponibilité et la durabilité du bois d'œuvre et la conservation d'espèces menacées (LEMMENS *et al.*, 2010).

Apparaissant comme le moyen de faire évoluer la forêt vers des objectifs à long terme, la sylviculture « souhaitable » en un lieu donné dépend schématiquement de trois principaux facteurs, (LIAGRE & GIRARDIN, 2009):

- **Les conditions stationnelles** : elles déterminent les possibilités de croissance et d'utilisation des diverses espèces végétales ; elles limitent le choix des essences qui pourront être utilisées. Elles peuvent en outre imposer des précautions sylvicoles, voire certains types de sylvicultures ; c'est le cas des stations forestières rares et remarquables, de certains milieux humides par exemple ; c'est encore le cas des stations fragiles, soumises à des risques prononcés d'érosion, d'engorgement par remontée du « plan d'eau », de dégradation d'un sol peu stable, etc. Ses conditions dépendent de la nature du sol (argile, limon, sable, podzol,...) et du climat.

- **L'état de l'écosystème forestier** : il est lié notamment aux essences, aux structures, aux densités des peuplements en présence, et peut apporter de fortes contraintes au sylviculteur.

- **Les objectifs fixés** : pour le moyen et le long terme, ils contribuent d'une manière décisive aux choix sylvicoles. Des objectifs multiples sont généralement associés : la gestion est dite « intégrée » ou « multifonctionnelle ». Mais certains objectifs généraux ou transversaux sont pris en compte dans toutes les sylvicultures :

objectif de conservation: de toutes les potentialités au profit des générations futures, ce qui fait dire que la gestion est « durable »; cet objectif interdit toute transformation irréversible; il impose le maintien, à titre de précaution, de toutes les ressources biologiques, espèces animales et végétales, écotypes, gènes etc.; en incluant la conservation de tous les éléments de la biodiversité, une attention toute particulière étant portée aux éléments les plus remarquables;

▪ **objectif de maintien ou de conduite de la forêt vers les mosaïques d'écosystèmes les plus stables** : grâce à des essences et des structures bien adaptées et à l'équilibre judicieux entre les divers stades d'évolution ; cet objectif répond à un haut niveau d'ambition pour une « gestion durable » ;

▪ **objectif de maintien des types de paysages caractéristiques** : est d'apprécier ou d'atténuer des modifications paysagères ;

▪ **objectif économique** : Pour des raisons économiques, la sylviculture cherche à ajuster son offre de bois à la demande, ce qui est particulièrement difficile étant donné la lenteur relative de croissance des arbres, et parce que la demande peut varier dans le temps ;

▪ **autres objectifs sont affectés spécifiquement à telle ou telle zone** : ce sera, par exemple, la production de bois d'œuvre, l'accueil du public, la protection d'un paysage remarquable, la préservation d'une espèce ou d'un milieu rare, la conservation des processus naturels d'évolution. Plusieurs objectifs spécifiques sont le plus souvent associés ; ainsi des objectifs de protection et d'accueil accompagnent généralement l'objectif de production ; mais la même sylviculture ne peut généralement les optimiser tous en même temps ; l'un d'eux est choisi comme l'objectif déterminant : il induit le modèle de sylviculture à appliquer et ces modèles de sylviculture sont nécessairement très divers. Ces considérations montrent qu'il ne peut y avoir un type général de sylviculture, mais plutôt des sylvicultures très diverses, adaptées aux stations, aux peuplements, aux objectifs en chaque endroit. Elles montrent encore que les sylvicultures ne peuvent être figées dans le temps.

1.11.1 Différentes formes d'agroforesterie

Il existe plusieurs formes d'agroforesterie qui peuvent être récapitulées comme suit :

- ✓ parcelles agricoles plantées d'arbres fruitiers ou fourragers ;
- ✓ pâturage entouré d'arbres produisant du bois ;
- ✓ ligne d'arbres brise vent ;
- ✓ cultures en couloirs alternant les allées et les haies ligneuses ;
- ✓ jachère arborée ;
- ✓ plantation forestière avec culture annuelle en sous-bois.

1.11.2 Portée de l'agroforesterie

La dimension écologique de l'agroforesterie impose l'obligation de reboiser, de manière à assurer la conservation des sols et des eaux et l'alimentation des facteurs écologiques qui influent sur les systèmes ruraux ; on trouve ici la fonction de conservation de tout système agro-forestier. En outre, les arbres plantés devront fournir un ou plusieurs produits forestiers nécessaires à l'alimentation des conditions de vie dans les zones rurales. Le volet forestier du concept d'agroforesterie doit se référer à l'approche intégrée des ressources forestières et à l'utilisation polyvalente des produits forestiers, (MALDAGUE, 2010).

1.11.3 Effets bénéfiques de l'arbre dans le système agroforestier

Les effets bénéfiques de l'arbre dans le système agroforestier sont multiples :

- les racines des arbres « pompent » les éléments minéraux dans le profil du sol et les ramènent en surface par les débris végétaux (feuilles, branches, etc.) ;
- ces débris végétaux, au niveau du sol, sont une source d'énergie pour les pédobiocénoses, il en résulte une amélioration de la structure du sol et son enrichissement en humus ;
- par la pratique de l'émondage, on obtient du bois de chauffe ;
- les effets des bois raméaux fragmentés sur le taux de matière organique et d'humus dans le sol est positif ;
- les arbres associés aux cultures, ont un effet bio-statique et modifient favorablement le méso climat, (MALDAGUE, 2010).

1.11.4 Enjeux de l'agroforesterie

L'importance du végétal dans l'occupation des espaces n'est plus à démontrer, mais il faut la prendre en charge en associant le sol qui reste un facteur déterminant mais souvent peu connu. Les acquis scientifiques attribuent au sol de nombreuses fonctions dans la biosphère, la lithosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère. Ces fonctions permettent de comprendre les enjeux que les sols représentent pour les individus et les sociétés humaines à travers leurs activités. Le sol permet la production de biomasse qui entretient la vie. La biomasse végétale nourrit, en particulier, les animaux et les hommes (racines, tiges, feuilles, fleurs, fruits, graines), fournit de l'énergie renouvelable et des matériaux que nous utilisons dans nos constructions ou dans nos activités artisanales (bois, tiges, feuilles). Le sol contribue au bon fonctionnement, à la qualité de la chaîne alimentaire et du cycle de l'eau (LAHMAR, 1995). La question de la cohabitation entre arbres et cultures se pose des deux façons: soit en termes de juxtaposition dans l'espace (cultures associées), soit en termes de succession dans le temps (assolement) notaient MARY & BESSE, (1996).

1.11.5 Parc agroforestier

C'est le système agroforestier traditionnellement pratiqué par les paysans, consistant à laisser sur le champ un certain nombre d'arbres (les plus gros) lors du défrichage des champs et à protéger les jeunes régénérations lors des sarclages.

Cependant, la croissance démographique et la pression foncière dans les zones de savanes ont quelquefois poussé les paysans à abattre les arbres pour libérer plus d'espace cultivable ; ce qui accélère l'érosion du sol et la destruction des horizons humifères tout en diminuant les rendements des cultures et les bénéfices du système.

Il s'agira d'encadrer les paysans dans :

- ✓ la sélection et protection des rejets d'arbres et arbustes des espèces améliorantes ;
- ✓ l'amélioration de la densité des arbres (30-50 pieds à l'hectare) par la plantation d'espèces à croissance rapide, (SYAKA, 1997).

1.11.6 Cultures en couloirs

C'est un système agroforestier moderne développé avec succès en Afrique tropicale, la technique consiste à créer une association profitable entre des arbres fixateurs d'azote atmosphérique plantés à des écartements variables (3x4, 3x6, 3x8m, etc.) et y introduire des

Régénération forestière assistée avec *Millettia laurentii* dans les savanes mises en défens à Ibi-village, Thèse Nsielolo Kitoko R

cultures vivrières (maïs, manioc etc.) entre les lignes d'arbres. Une fois par an les arbustes sont émondés et la biomasse végétale retournée soigneusement dans le sol. La décomposition de la biomasse en matière organique apporte au sol les éléments nutritifs essentiels aux cultures intercalées, (SYAKA, 1997). A Ibi-village, le système est pratiqué sur les écartements de 3x3m entre les arbres et les cultures vivrières.

1.12 Culture itinérante sur brûlis

En zone forestière, le système prédominant de culture reste la culture itinérante sur brûlis. Dans son principe, une mise en culture courte (un à trois ans) succède une phase longue de mise en jachère (3 à dix ans). La jachère peut se définir comme "l'état de la terre d'une parcelle entre la récolte d'une culture et le moment de la mise en place de la culture suivante. Elle se caractérise par sa durée, par les techniques culturales qui sont appliquées à la terre, par les rôles qu'elle remplit", (SEBILLOTTE, 1991).

Un tel système de culture itinérante n'est viable et performant que pour des densités de population inférieures à dix habitants/km² à raison d'un hectare cultivé par personne, (JOUVE, 1991). Dans beaucoup de cas, ces conditions ne sont plus respectées car les densités de population atteignent couramment cent habitants/km², parfois suite à l'exode urbain généralement temporaire mais régulier c'est-à-dire limité aux périodes culturales.

Le raccourcissement de la jachère se traduit par le passage d'une jachère arborée à une jachère à *Chromolaena odorata*. Cette plante envahissante pose de nombreux problèmes d'entretiens car elle est difficile à éradiquer.

La durée des jachères forestières qui succèdent aux cycles culturaux est de plus en plus courte et nécessite des mesures pour la restauration et le maintien de la fertilité. On admet généralement que les arbres exercent un effet favorable sur la fertilité des sols par certains mécanismes comme la réduction des pertes en éléments nutritifs par la diminution de l'érosion, leur redistribution dans les différents horizons du sol, l'amélioration des propriétés physiques et de la fraction organique du sol.

Les arbres fixateurs d'azote ont dans ce domaine un grand intérêt. Ces arbres peuvent être des légumineuses (espèces associées symbiotiquement avec des rhizobiums) ou des plantes actinorhiziennes. Un certain nombre de légumineuses sont fixatrices de l'azote atmosphérique. Par exemple pour la sous-famille des césalpinacées, 23% des espèces ont des nodules, (GANRY et DOMMERGUES, 1995).

L'utilisation de certaines légumineuses ligneuses (*Leucaena leucocephala*, *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebbeck*, *Senna siamea*...) permet de réintroduire une composante ligneuse dans le terroir en conciliant des impératifs de restauration de la fertilité et de production ligneuse.

1.13 Reboisement, boisement et déboisement

Dans beaucoup de cas, la réhabilitation de l'état forestier est une contrainte incontournable en Afrique tropicale à la suite d'une surexploitation de la ressource ligneuse combinée avec des défrichements abusifs, (AUBREVILLE, 1929).

La gamme d'espèces à utiliser est très variée. Néanmoins, le choix des essences de reboisement nécessite une étude approfondie basée sur des expérimentations dans les zones dégradées à conditions écologiques favorables, des plantations en espèces à croissance rapide comme le genre *Acacia* qui permet dans une première étape de créer l'ambiance forestière et de préparer l'installation d'autres espèces comme par exemple *Alchornea cordifolia*, *Hymenocardia ulmoides*, *Vernonia brazzavilensis*, *Anthocleista schweinfurtii*, *Millettia laurentii* etc.

Mais pour réussir l'amélioration et la restauration et permettre à la couverture végétale de jouer pleinement son rôle; aucun aspect technique, scientifique ou humain ne doit être négligé.

Le rôle des reboisements est multiple:

- réhabilitation et protection des sols ;
- production ligneuse ;
- protection contre les feux ;
- sauvegarde ex-situ du matériel végétal ;
- protection de la faune...

L'association d'espèces de couverture, qu'elles soient herbacées ou ligneuses, permet d'assurer une protection des sols. Ces associations limitent aussi le développement d'adventices indésirables propres à favoriser la propagation des feux de brousse au sein des plantations. Les espèces associées peuvent avoir un impact positif direct (légumineuses) ou indirect (stockage dans l'humus) sur les réserves minérales des sols ainsi que sur leur bilan hydrique.

1.13.1 Types de reboisement

PARENT, (1990) distingue deux types de reboisement:

1.13.2 Reboisement de compensation (Compensatory planting): C'est une opération qui consiste à créer un jeune peuplement forestier sur une surface donnée dans le but de compenser l'élimination d'un peuplement situé à proximité.

1.13.3 Reboisement de reconstitution (reforestation): C'est une plantation sur une surface déterminée en vue de reconstituer un peuplement dans une forêt (Photo 4).



Photo 4: Reboisement d'Acacia à Ibi-village: Forêt d'Acacia à gauche et culture en couloire *Acacia*-manioc à droite

1.14 La régénération

Cette partie va d'abord s'attacher à donner des définitions de la régénération à différents niveaux ainsi que son rôle dans le maintien des écosystèmes forestiers.

1.14.1 Considération du concept

Le terme de régénération est fréquemment utilisé par les écologistes, les botanistes et les forestiers, mais les définitions varient beaucoup tant par rapport à l'élément pris en compte que par les processus mis en jeu et les échelles spatio-temporelles considérées, (MARTIN, 2010).

Les forestiers, par exemple, considèrent la régénération comme l'ensemble des individus juvéniles du sous-bois des espèces arborées, (ROLLET, 1969 ; ROLLET, 1983) in MARTIN (2010). Cette définition se base sur ce qui est observable et dénombrable en termes de démographie des populations, elle représente une vision du peuplement futur. On s'intéresse alors à savoir si ce peuplement évolue, s'il régresse ou s'il s'entretient dans une vision à long terme de gestionnaire de la ressource forestière.

Pour le dictionnaire des Sciences de l'environnement (PARENT, 1990), le terme « régénération » en sylviculture désigne le renouvellement d'un peuplement forestier par voie artificielle ou naturelle.

Pour les écologistes et les botanistes, la régénération est souvent perçue comme un ensemble de processus permettant la reconstitution de la forêt. Ces idées ont permis de mettre en évidence le caractère cyclique de la régénération en considérant que les formations forestières sont composées d'une multitude de stades ou de phases.

1.14.2 Historique de la régénération

Selon les études menées par USAID, (2006), les grandes sécheresses des années 70 et 80 sont ancrées dans la mémoire des paysans sahéliens en général et Nigériens en particulier. Au lendemain de ces sécheresses, le potentiel productif était complètement affaibli par la mort de beaucoup d'arbres et d'animaux. Cela a aussi provoqué un appauvrissement des sols de culture. En termes économiques les sécheresses entraînaient une forte décapitalisation et faisaient basculer beaucoup de familles dans la pauvreté.

Prenant conscience de ce phénomène et devant la nécessité d'agir pour survivre, tous les acteurs (autorités, techniciens, paysans etc.) se sont mis ensemble en vue de trouver des solutions alternatives pouvant servir de tremplin pour renverser la tendance. Des stratégies alternatives ont été adoptées et parmi lesquelles la protection de la régénération naturelle soit à travers le défrichement amélioré, soit à travers le repérage, l'entretien et la protection de la régénération naturelle. Les paysans avaient pris conscience de ces options de récupération de l'environnement et le besoin d'avoir des conditions écologiques propices. La sensibilisation prônée par les agents de vulgarisations a bien réussi dans cette partie du Niger. Les sécheresses des années 1970, ayant sérieusement bouleversé les équilibres écologiques existants, la nécessité d'une nouvelle orientation de la politique environnementale du Niger s'imposait.

Cette technique pourrait être appliquée en zone tropicale humide, où la forêt est défrichée à grande échelle par abattis-brûlis, laissant la place après culture à des jachères à *Chromolaena odorata*, très pauvres en biodiversité.

La régénération naturelle assistée a été adaptée et testée en RDC par le Projet Makala dans le bassin d'approvisionnement en bois de feu de la ville de Kinshasa, pour améliorer les systèmes de culture sur abattis-brûlis et contribuer à l'enrichissement des jachères forestières.

Avant la défriche, des arbres utiles sont sélectionnés pour être protégés. Puis, pendant la période de culture, la germination et la multiplication par rejets de souche et drageons des espèces forestières locales préexistantes sont favorisées par des pratiques de sarclages sélectifs, d'éclaircies et d'élagages. Le suivi de ces tests a montré une faible survie des vieux arbres conservés lors du défrichement pour les cultures, en raison de la difficulté de contrôle des feux lors du brûlis, ce qui limite l'applicabilité de cette technique à la périphérie des parcelles, sous forme d'enrichissement progressif de haies bocagères. Par contre, à l'intérieur des parcelles, les rejets de souche exploités et les drageons des espèces forestières naturelles, protégés par RNA au moment des sarclages, ont montré une croissance rapide qui permet, à faible coût, d'installer rapidement une jachère ligneuse. Trois ans et demi après le brûlis, ces jachères ont eu une biodiversité et une biomasse supérieures à celles des jachères non gérées par RNA. Une meilleure productivité en charbon et en produit agricole ainsi qu'une réduction de la savanisation des espaces forestiers sont espérées, (PELTIER et *al.*, 2014).

1.14.3 Types de régénération

Trois types de régénération peuvent être distingués: la régénération naturelle, la régénération naturelle assistée et la régénération artificielle.

1.14.3.1 Régénération naturelle ou régénération non provoquée

La régénération naturelle est un phénomène complexe, qui marque une étape cruciale dans la vie d'une forêt; pour la mener, le forestier doit appliquer une sylviculture bien adaptée à l'écologie de l'essence dominante, ce qui nécessite en premier lieu une bonne connaissance de tous les facteurs du milieu et de la façon dont ils agissent, (DRAPIER, 1985).

Chez les écologistes, on discerne deux acceptions de cette expression. Pour les uns, c'est l'ensemble des processus de la série évolutive qui permettent à un biotope dégradé, secondarisé, de reprendre, au cours du temps, les caractéristiques d'un milieu intact, de la végétation primaire ou climacique. Pour les autres, ce sont les processus de la dynamique interne qui permettent à un biotope en équilibre, à son apogée, de se maintenir tel, en dépit du vieillissement et de la mort de ses éléments. Pour les forestiers, faire appel à la régénération naturelle c'est n'avoir recours ni au semis ni à la plantation quels que puissent être les travaux de dégagement et d'entretien offerts aux sauvageons pour les mener à l'état adulte, (ALEXANDRE, 1979). La régénération est naturelle lorsque des nouvelles plantes poussent

de manière spontanée, sans intervention humaine, (VERHEIJ, 2005). Selon JOET et *al.*, (1998) la régénération naturelle désigne un mode de reproduction spontanée des peuplements végétaux, cette reproduction peut se faire par voie sexuée (la régénération par graine) ou par voie végétative grâce aux rejets de souches.

Les graines sont la source principale de nouvelles plantes, aussi bien pour la végétation naturelle que pour la culture. Certaines plantes, y compris certains arbustes, se multiplient également en produisant des drageons, c'est-à-dire des nouvelles pousses qui forment des racines propres et qui deviennent indépendantes de la plante mère. D'autres, surtout les plantes grimpantes, peuvent former de nouvelles plantes par le biais de marcottage : un long rameau forme des racines à l'endroit où il touche la terre. Il est possible de favoriser la régénération naturelle en améliorant les conditions pour la croissance de jeunes arbres et en protégeant ces derniers contre les risques comme le feu et le broutage. Ceci s'applique par exemple aux terrains en jachère où la végétation résulte traditionnellement de la régénération naturelle, (VERHEIJ, 2005). La régénération naturelle recouvre un double concept : d'une part, au sens statique, et d'autre part, au sens dynamique, l'ensemble des processus par lesquels la forêt dense se reproduit naturellement, (ROLLET, 1969). En sylviculture, le terme "régénération naturelle" désigne plus précisément le processus de régénération spontanée du couvert forestier. Il inclut les techniques sylvicoles de restauration d'un couvert forestier. C'est un des modes de renouvellement de la futaie, à côté de la coupe rase suivie d'une replantation. Cette dernière solution, efficace, permet de choisir une essence mieux adaptée à la station. La régénération naturelle se limite aux arbres qui poussent déjà dans la région. Mais ces arbres présentent l'avantage qu'ils sont bien adaptés aux conditions édapho-climatiques et qu'ils supportent bien les ravageurs et les maladies locales.

1.14.3.2 Régénération naturelle assistée

La régénération est dite naturelle assistée (RNA) quand les cultivateurs repèrent et protègent activement des jeunes plants naturellement régénérés et le défrichage amélioré dans leurs champs afin de (re-)créer une végétation ligneuse, (ADAM *et al.*, 2006). Elle est considérée par l'UICN et *al.*, (2009) comme est une approche agro-forestière taungya dont le but est de provoquer ou de stimuler la régénération naturelle d'espèces ligneuses à buts multiples et/ou leur développement et leur intégration dans l'espace agricole (champ) de façon qu'elles puissent augmenter le rendement total de cet espace; elle constitue par conséquent une

pratique séculaire consistant à épargner et à entretenir dans la parcelle de culture, les régénérations naturelles spontanées à des densités désirées. Ce mode de régénération demande une assistance totale de l'homme pour protéger la végétation contre les incendies et d'autres actions anthropiques.

1.14.3.3 Régénération artificielle ou régénération provoquée

La régénération est dite artificielle si le renouvellement de l'écosystème forestier se fait avec recours par intervention humaine soit par des semis de graines ou par plantation. Le choix de l'un ou l'autre type de régénération dépend de nombreux facteurs (climat, nature du sol, topographie). La décision de planter implique un investissement financier: outre l'achat de graines ou de plants et leur mise en place, la plantation nécessite une préparation du terrain et éventuellement des mesures de protection (entretien, regarnissage, coupe-feu, etc.).

C'est pourquoi, malgré tout l'intérêt que présentent les études sur la régénération naturelle non provoquée, ou des études pré existants, on doit s'intéresser principalement aux différentes méthodes sylvicoles permettant de contrôler cette régénération. D'autant que nous pouvons affirmer qu'il ne faut pas compter sur la nature seule pour gérer la forêt, (CATINOT, 1965) in (DUCRET & LABBE, 1985), si par ailleurs l'homme l'a trop perturbée, (DUCRET & LABBE, 1985).

1.14.3.4 Impacts de la régénération forestière

La régénération naturelle assistée ou provoquée permet de remettre en culture ou de re-végétaliser des sols indurés et incultes. Ainsi, elle a de nombreux impacts positifs pour la population locale, notamment :

- ***Sur les paramètres climatiques*** : la régénération forestière contribue à la minimisation des effets néfastes relatifs aux changements climatiques. Elle atténue non seulement l'effet de la sécheresse, des températures élevées, mais aussi, elle limite considérablement la vitesse de vent. Il convient aussi de noter qu'à côté des arbres, le milieu est plus humide et la chaleur est moindre.
- ***Sur l'amélioration de la fertilité de sols*** : plus la densité des arbres est importante, plus la production agricole croît, la fertilité du sol est favorisée par la litière. Le sous-bois occasionnera la prolifération et multiplication de la microfaune du sol, celle-ci à son tour permet l'aération et circulation de la matière dans le sol.

Certaines espèces (*Acacia mangium*, *Millettia drastica*, *M. laurentii*) utilisées dans la RNA, sont fixatrices de l'azote atmosphérique et sont toutes fertilisantes, (LARWANOU et *al.*, 2006).

- **Sur les ressources en eau** : en favorisant l'infiltration, les ligneux accroissent l'alimentation en eau de la nappe souterraine. Ce qui réduit le risque de tarissement rapide des puits. De plus, cette infiltration limite le ruissellement et minimise donc le risque d'inondation. Les ligneux fixent aussi les particules charriées par le vent et le ruissellement. Ce qui réduit les risques de la pollution ou de disparition des eaux de surface.

- **Sur l'environnement** : la régénération assistée permet un changement de perception. En effet, les paysans ne considèrent plus l'arbre comme appartenant à l'Etat. Il est une propriété privée. Tout en exploitant son champ, l'arbre l'engage, nul n'a aucun droit sur les ligneux qui s'y trouvent. L'arbre n'est plus coupé de façon anarchique. Le propriétaire réfléchit toujours avant d'agir. De cette manière, les paysans exploitent donc cette ressource sans lui porter préjudice.

- *protection contre l'érosion* : la régénération forestière, en plus de son apport à la gestion de la fertilité, constitue un rempart contre l'érosion éolienne dont l'effet est l'ensablement des jeunes plants en début des cultures ;

- *amélioration du bien-être* : la présence des arbres dans leurs terroirs leur rend plus à l'aise du point de vue de l'esthétique du paysage et du bien-être sur le plan écologique.

-**Sur les activités socio-économiques** : les produits issus de la régénération ont une valeur marchande. En effet, le bois ainsi que les autres sous-produits ligneux sont vendus sur place ou transportés au marché (fagot de bois, charbon de bois...).

- **Sur les femmes** : dans la division sociale du travail propre aux sociétés rurales, les femmes sont surtout chargées de la recherche du bois de feu et de la cueillette de certains PFL et PFNL. La régénération assistée autour des villages permet un allègement du temps de ramassage de bois pour les femmes.

- **Sur la sécurité alimentaire et les revenus** : les produits forestiers non ligneux contribuent de manière importante à l'alimentation humaine; ainsi la mise en défens dans la zone permet l'augmentation de la production des certaines espèces alimentaires de la savane. Les plantes ligneuses jouent un rôle principal et multiple au niveau de toutes les couches de la population (emploi, approvisionnement en aliments, accroissement de revenu, production des médicaments, charbon de bois et bois de feu, etc.).

Plus spécifiquement, les produits forestiers peuvent améliorer sensiblement le niveau de sécurité alimentaire de la population, en période de soudure principalement, grâce à leurs apports directs en nourriture et en revenus complémentaires pour les ménages, (SHAKER, 2009). Les études menées par ABDYOU, (2007) et HALIMATOU, (2007) ont montré que la RNA a dans beaucoup de cas, eu un impact important sur les revenus des paysans surtout au niveau des classes les plus vulnérables qui développent des nouvelles formes d'activités génératrices de revenus. Les enfants vendent les fruits, ce qui leur procure des revenus qui leur permet d'assurer certaines dépenses. L'étude de la valorisation des PFNL de Plateau des Batéké a montré que 169 espèces de PFNL appartenant à 65 familles des plantes sont valorisées. Cinq espèces de PFNL sont les plus exploitées dans la zone d'étude. Il s'agit de *Pteridium sp*, du vin indigène (de palmier à huile et de raphia), de *Dioscorea praehensilis*, de *Talinum triangulare* et du rotin, (BILOSO, 2008). Mais nous pouvons ajouter aussi les PFNL comme *Landolphia lenceolata*, *Anisophyllea quangensis*, *Aframomum albviolaceum*, *Strychnos cocculoides* dont on observe les parents et les jeunes venant de Kinshasa à la recherche de ces PFNL qui sont exposés sur le marché de Kinshasa. La contribution de ces produits vise la meilleure sécurité alimentaire, la diminution des risques et l'accroissement des revenus au sein de l'exploitation agricole. L'exploitation des PFNL est une contribution importante à la consommation des ménages en cas de vulnérabilité à la suite des désastres agricoles et autres calamités, (BILOSO & LEJOLY, 2006).

1.14.3.5 Contraintes liées à la Régénération artificielle

Bien que le fait de planter des arbres puisse apporter beaucoup d'avantages (maintien de microclimat et de cycle de l'eau, compensation des émissions de la déforestation et de la dégradation des forêts, bois d'œuvre et de chauffe etc.), il y a cependant des aspects contraignants et des résultats négatifs qui peuvent en découler:

- La récurrence des feux de brousses observés dans la zone d'Ibi et ses environs constitue un premier handicap à la régénération des espèces, en effet, le feu peut ruiner des années de dur labeur dans une plantation. A cela s'ajoutent les pratiques observées dans la mentalité des voyageurs et des fumeurs, notamment les feux précoces et les feux provoqués résultant des campings et des fraudeurs (Photo 5).

Selon KULL (2004), 25% à 50% des zones non forestières et non cultivées brûlent chaque année pendant toute la saison sèche. Les estimations de surfaces de savanes brûlées varient

néanmoins énormément selon les sources: de 435.000 ha par an à Madagascar, (LANGRAND & WILME, 1995) à 650.000 ha par an au Bourkina Faso, (RAKOTOARIJAONA, 2004). Ces superficies restent difficiles à déterminer en RDC. Le feu induit une modification de la structure de la végétation des savanes et de leur fonctionnement qui se traduisent par: des transformations dans la physionomie des savanes (modification de l'équilibre du système), herbes-arbres avec une variation du taux de couvert végétal ; des transformations de la composition en espèces des strates de végétation (sélection d'espèces) et des perturbations dans le niveau de biomasse verte produite annuellement, (JACQUIN, 2010).



Photo 5: Le feu de brousse dans la savane d'Ibi-village : un front de feu de brousse en train de ravager la savane et freinant par conséquent la régénération forestière.

- La plantation est une opération onéreuse qui peut quelques fois être en péril par les animaux sauvages et/ou domestiques, les dégâts que peuvent occasionner ces animaux sont forts divers : abrouissement, écorçage ou déchaussement des jeunes plants. Les conséquences sont des blessures, des déformations voire la mort des jeunes arbres.

1.15 Plan du travail

Notre travail comprend quatre parties et six chapitres repartis de la manière suivante :

La première partie est celle qui traite de l'introduction, problématique et question de recherche, hypothèses de la recherche, objectifs de l'étude, cadre théorique et revue bibliographique. La deuxième partie de notre travail contient quatre chapitres dont le premier traite de la Pertinence du sujet avec l'approche systémique, le deuxième chapitre est consacré sur la description de *M. laurentii*, le troisième chapitre aborde le milieu d'étude suivi de quatrième qui parle de matériel et méthodes. La troisième partie comprend deux chapitres dont le cinquième est consacré aux résultats et le sixième chapitre traite de la discussion. La quatrième partie est consacrée à la conclusion générale et aux recommandations.

Deuxième partie :

Pertinence du sujet avec l'approche systémique, Description de *Millettia laurentii*, Milieu d'étude, Matériel et Méthodes

Chapitre I: Pertinence du sujet avec l'approche systémique

L'approche systémique introduit une révolution dans les stratégies de développement habituelles. Les concepts de développement et d'aménagement intégrés se fondent sur une approche méthodologique qui dérive de l'analyse des systèmes. Les systèmes complexes tels que l'organisme humain, un village, une région, un projet de développement, etc. ne peuvent être traités valablement de façon analytique, sectorielle, fragmentaire, disciplinaire et parcellaire, (MALDAGUE, 2004).

I.1 Historique de la systémique

Née aux États Unis au début des années 50, connue et pratiquée en France depuis les années 70, l'approche systémique ouvre une voie originale et prometteuse à la recherche et à l'action. La démarche a déjà donné lieu à de nombreuses applications, aussi bien en biologie, en écologie, en économie, dans les thérapies familiales, le management des entreprises, l'urbanisme, l'aménagement du territoire, etc. Elle repose sur l'appréhension concrète d'un certain nombre de concepts tels que : système, interaction, rétroaction, régulation, organisation, finalité, vision globale, évolution, etc. Elle se forme dans le processus de modélisation, lequel utilise largement le langage graphique et va de l'élaboration de modèles qualitatifs, en forme de "cartes", à la construction de modèles dynamiques et quantifiés, opérables sur ordinateur et débouchant sur la simulation, (DONNADIEU et al., 2003).

I.2 Concepts de base en systémique

Les termes « *analyse systémique* » utilisés pour désigner l'utilisation et l'application que l'on peut faire des concepts et des lois de la « *théorie des systèmes* », dans les domaines de l'aménagement du territoire, du développement et de l'environnement, domaines complexes auxquels l'analyse systémique peut apporter des solutions, (MALDAGUE, 2004). L'expression « *approche systémique* » désigne la manière d'aborder une question, un problème ; une façon d'exprimer la base conceptuelle retenue pour un projet. Mais, dès lors que cette approche a été définie, l'outil à utiliser pour réaliser le projet réside dans l'analyse systémique. La « *stratégie systémique* », est l'utilisation de l'analyse systémique dans la phase opératoire et de mise en œuvre concrète d'un projet.

La systémique est une discipline qui regroupe les démarches théoriques, pratiques et méthodologiques, relatives à l'étude de ce qui est reconnu comme trop complexe pour pouvoir être abordé de façon globale, et qui pose des problèmes de frontières, de relations internes et externes, de structure, de lois ou de propriétés émergentes caractérisant le système comme tel, ou des problèmes de mode d'observation, de représentation, de modélisation ou de simulation d'une totalité complexe.

I.3 Concepts de la systémique

On peut distinguer, en systémique, quatre concepts fondamentaux, à savoir : le concept d'interaction, le concept de totalité, le concept d'organisation et le concept de complexité.

Le concept d'interaction signifie que tous les éléments d'un système sont en interaction. Exemple : après une première action de l'élément A sur l'élément B, suit une action de B sur A. Il y a entre A et B une relation de rétroaction. Celle-ci peut être soit amplificatrice (cas de la rétroaction positive), soit compensatrice ou régulatrice (cas de la rétroaction négative) (Fig.1). **Le concept de totalité** signifie qu'un système est composé d'éléments qui constituent un tout qui n'est pas réductible en ses parties, mais il n'est pas non plus la somme des éléments qui le constituent. Ces éléments peuvent être de diverses espèces : des objets, des êtres vivants, des cellules, des individus ou des organisations, etc. Cependant, cela ne signifie pas que le système soit la somme des éléments qui le constituent. On dit à cet égard qu'un système est un tout qui n'est pas réductible à ses parties (Fig.1).

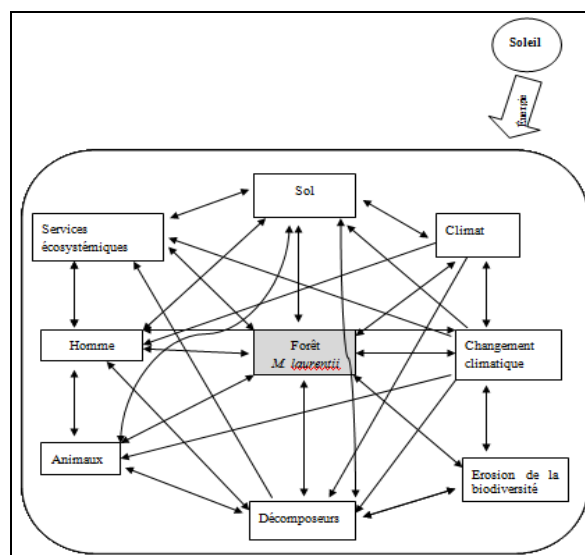


Figure 1: Organisation et complexité d'un écosystème: cas d'un écosystème forestier

La Figure 1 schématise l'organisation d'un écosystème forestier qui est un système composé des éléments dans un environnement donné. Le soleil est la source d'énergie dont dépendent les végétaux pour l'assimilation chlorophyllienne, le sol constitue le support de tous les organismes dont les hommes, les animaux, les végétaux et les décomposeurs. Le climat a une influence sur les végétaux, les humains, les animaux et les décomposeurs. La perte de la forêt a plusieurs conséquences entre autres les changements climatiques, l'érosion de la biodiversité et la rupture des services écosystémiques. L'homme est l'artisan des écosystèmes, il les modifie et les modèle, ses activités (agricoles, feux de brousse, exploitation forestière et minière etc.) peuvent avoir des conséquences négatives (changement climatique, érosion de la biodiversité, modification du sol). Eu égard à tout ce qui précède, il y a lieu de constater qu'il existe une série d'inter-relation les uns des autres, ce qui permet le fonctionnement de l'écosystème, le flux d'énergie, le cycle écologique etc.

Les facteurs biotiques et abiotiques d'un écosystème sont liés, les changements introduits par les êtres humains ont pour effet de rompre de nombreuses relations au sein des écosystèmes actuels, entraînant leur destruction et la disparition des espèces, (MURRAY, 2009). Ainsi, on peut comprendre que dans tout écosystème, la faune et la flore développent des relations étroites de nature biologique et énergétique, (DRAPIER, 1985).

Le tout n'est davantage qu'une forme globale ; il implique l'apparition de qualités émergentes que ne possédaient pas les parties. Cette notion d'émergence conduit à la notion de hiérarchie dans les systèmes ; les systèmes sont de plus en plus complexes, au fur et à mesure que l'on s'élève dans cette hiérarchie. Cette émergence peut se manifester par des effets de potentialisation et de synergie. Dans le cas de la synergie, on observe que deux éléments qui agissent simultanément vont avoir un effet déterminé, alors que ces éléments, s'ils agissent isolément, ne produisent pas cet effet.

Le concept d'organisation peut être considéré comme le concept central de la systémique. L'organisation, c'est d'abord l'agencement de relations entre composants (éléments ou individus) qui conduit à une nouvelle unité, possédant des qualités que n'ont pas ses composants. L'organisation revêt deux aspects complémentaires :

- un aspect *structurel* ;
- un aspect *fonctionnel*.

Dans le cas d'un projet d'aménagement, l'organisation concerne, d'abord les aspects relatifs à l'organisation physique du territoire, comme p.ex., le zonage, les limites, les voies de

transport et de communication. Ce sont les aspects qui touchent à la structure spatiale. L'analyse porte ensuite sur les flux qui emprunteront ces voies et qui, eux, se rapportent à la dynamique spatiale. La dynamique d'un système est l'étude qui prend en compte la variable temps.

Le concept de complexité: la complexité est l'augmentation du nombre d'éléments qui le composent ainsi que le nombre de relations. Il convient donc de développer des outils d'analyse de cette complexité dans le cas d'un écosystème forestier. Le nombre d'éléments qui le compose, la biodiversité animale et végétale ainsi que les éléments abiotiques qui permettent la vie, les relations inter- et intra-spécifiques qui en découlent. La complexité est partout, dans tous les systèmes, et il est nécessaire de la conserver. Les approches sectorielles, parcellaires, analytiques le plus souvent suivies dans les projets de développement ont pour effet d'occulter la complexité, de simplifier les données du problème, d'en masquer la difficulté, mais ce faisant, elles s'écartent de la réalité; il n'y a plus, dès lors, de cadre général de cohérence, la réalité est bel et bien complexe.

I.4 Caractéristiques d'un système

Un système est le découpage d'un ensemble ayant une certaine unité dans la diversité de la réalité. Cette unité est maintenue par le moyen d'échanges avec le milieu dont cet ensemble se détache, (LUGAN, 2005). Pour PIROTON, (2005), un système est un ensemble d'éléments en interaction tels que la modification de l'un d'eux entraîne la modification de tous les autres. C'est le cas d'un écosystème forestier dont la modification du couvert végétal peut entraîner la disparition des certaines espèces. De ces définitions ressortent les aspects suivants qui caractérisent le système:

- l'idée de *but* ou d'*objectif* et même de *finalité*; il faut aboutir à la réalisation d'objectifs; la fixation des objectifs est une composante essentielle de tout projet, considéré comme système;
- la *multiplicité* des éléments ou des composantes; ce sont, p.ex., tous les aspects du milieu rural (biophysique, humain, technique, infrastructurel, politique, etc.) qu'il convient de prendre en compte;
- la *complexité*: ces éléments ou composants étant nombreux, l'ensemble qu'ils constituent est forcément complexe;
- la *totalité organisée*: (unité globale) d'éléments ; le monde rural doit être approché dans tous ses aspects, autrement dit, dans sa totalité;

- les *interrelations* entre les éléments; les éléments ou composantes formant l'écosystème forestier ne sont pas indépendants les uns des autres ; ils sont en interrelation ; p.ex., le système de production, de nutrition, de la chaîne trophique.
- l'*interaction* entre les éléments ; non seulement les composants sont en interrelation mais ils sont aussi en interaction; ils agissent les uns sur les autres. Nous avons affaire à des *systèmes interactifs*; p.ex., les interactions entre la production, la commercialisation, les infrastructures, la qualité de la vie en milieu rural ;
- la *dynamique* et l'*évolution*; l'ensemble organisé évolue; le monde rural n'est pas figé dans l'immobilisme; il évolue en fonction de facteurs internes et externes; le développement rural a pour objectif de donner une impulsion à cette dynamique en vue de faire évoluer le milieu et d'atteindre les finalités et les objectifs qui ont été fixés.

I.5 Modélisation

La modélisation est un outil fondamental pour l'étude d'un système complexe tel qu'un écosystème. En biologie végétale, la modélisation cherche à expliquer les lois majeures qui gouvernent la vie d'une plante au niveau de l'individu ainsi qu'en communauté. En fonction de l'objectif de l'étude, différentes approches sont utilisées, (BORNHOFEN et LATTAUD, 2007). Pour modéliser un système, quelques étapes sont prioritairement essentielles et doivent être abordées :

- définir l'objectif de la modélisation, ce qui conduit à la question de savoir pourquoi modélise-t-on ? Qu'étudie-t-on ? Que veut-on améliorer, ou faire ?
- définir les éléments du système (via la réalisation d'une fonction, ou d'un processus) et les limites du système (les entrées "in put" et les sorties "out put") ;
- définir les interactions entre ces éléments (hiérarchie) ;
- définir la dynamique du système (entités qui circulent entre les éléments, comportement du système au cours du temps) ;
- abstraction (choisir les éléments du système pertinents pour l'étude).

Modéliser un environnement naturel n'est pas une tâche aisée du fait de la complexité et de la quantité d'éléments qui le composent. Dans le cadre de la modélisation d'un écosystème forestier, deux catégories majeures de modélisation peuvent être distinguées : la modélisation des plantes individuelles et la modélisation de l'écosystème global, (NATHALIE, 2003).

b) Modélisation des plantes et arbres

En ce qui concerne la modélisation des plantes et des arbres, nous pouvons diviser le domaine en deux niveaux : le niveau structurel des plantes et le niveau géométrique. Pour décrire la structure des plantes et des arbres, plusieurs techniques ont été développées. Les méthodes les plus efficaces et les plus utilisées sont les L-systems; le principe des L-systems est simple : une plante ou un arbre est représenté par une chaîne de caractères. Chacun de ces caractères est un élément de la plante. En partant d'un ensemble initial d'éléments et en lui appliquant plusieurs règles de production, une plante est obtenue après un certain nombre d'itérations, (BORNHOFEN et LATTAUD, 2007; NATHALIE, 2003).

Pour le niveau géométrique, certaines méthodes de modélisation de plantes donnent la structure de la plante et génèrent directement le volume des branches. D'autres méthodes précisent uniquement la structure sous forme de L-system, ce qui laisse plus de liberté à l'utilisateur qui peut générer un maillage par la méthode de son choix et y appliquer une texture comme il le souhaite. Ainsi, la présence d'une espèce à un endroit donné, surtout si la densité de ses représentants est élevée, prouve qu'elle trouve là des conditions favorables à son épanouissement. Mais son absence d'un autre lieu ne prouve pas que les conditions qui y règnent lui sont défavorables : il peut se produire que, sous l'action d'un changement des conditions locales, la plante n'ait pas eu le temps nécessaire à son implantation. Il se peut aussi qu'elle en soit évincée sous la pression d'autres plantes plus adaptées qu'elle pour occuper l'espace considéré, (GEIR et *al.*, 2008).

c) Modélisation de l'écosystème

La modélisation d'écosystèmes est complexe, il s'agit de pouvoir simuler les multiples interactions plantes-plantes mais aussi plantes-environnement.

I.6 Simulation

La simulation peut être définie selon HABCHI, (2001) comme étant « *une science de reproduction du comportement d'un système complexe difficilement contrôlable et soumis à des phénomènes aléatoires; le comportement du système réel avec toutes ses composantes (physique, informationnelle, décisionnelle) est ainsi remplacé par un modèle virtuel ayant un comportement analogue traduit ensuite en un programme informatique permettant de réaliser des expériences afin d'appréhender le comportement du système réel, d'évaluer ses performances et d'aider à l'anticipation d'éventuelles dérives* ».

D'après, cette définition, nous comprenons que la simulation est une science disposant de méthodes pour l'analyse, d'approches pour la modélisation, de techniques pour l'exécution, d'outils pour la programmation, un processus pour l'intégration dans une démarche projet.

Selon BOIMOND (2009) la simulation est un processus qui consiste à concevoir un modèle du système (réel) étudié, mener des expérimentations sur ce modèle (et non pas des calculs), interpréter les observations fournies par le déroulement du modèle et formuler des décisions relatives au système. Le but peut être de comprendre le comportement dynamique du système, de comparer des configurations, d'évaluer différentes stratégies de pilotage, d'évaluer et d'optimiser des performances.

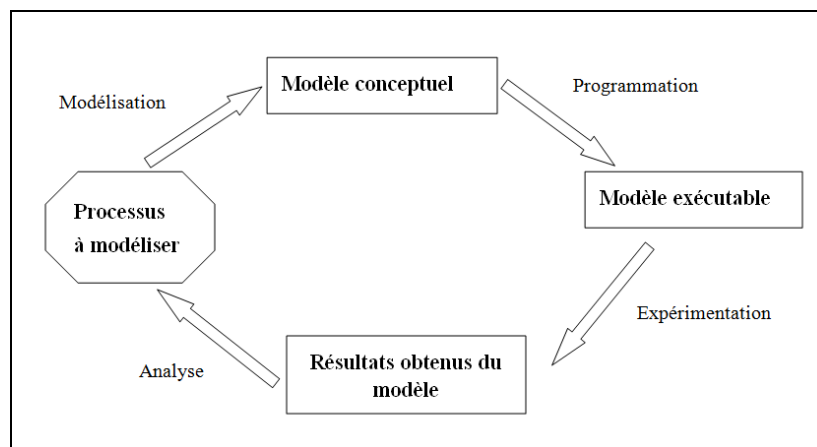


Figure 2: Processus simplifié de simulation

Source : (HABCHI, 2001) adaptée

De manière relativement simplifiée, le processus de simulation peut être présenté selon la figure 2. La modélisation fournit un modèle conceptuel (modèle de connaissance), la programmation fournit un modèle exécutable (modèle d'action), la simulation ou l'expérimentation fournit les résultats obtenus du modèle, l'analyse des résultats permet d'évaluer le processus à modéliser.

La méthodologie générale de la simulation fait distinguer classiquement quatre phases distinctes qui sont : (1) la modélisation (représenter le comportement du système), (2) la programmation, (3) l'expérimentation et (4) l'interprétation des résultats (accompagnée d'actions) (Figure 3).

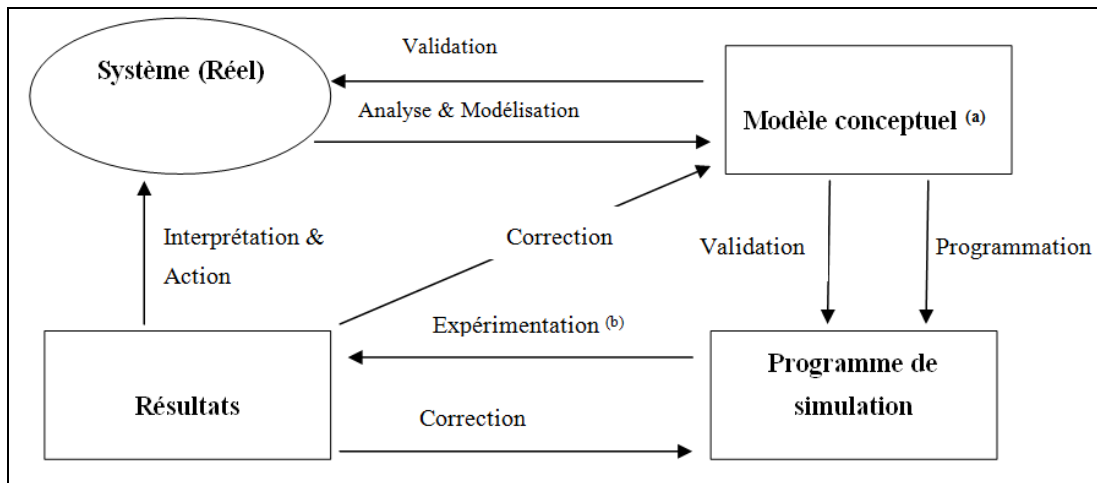


Figure 3: Méthodologie d'une simulation selon HABCHI, (2001)

(a) *Modèle conceptuel* : le modèle n'est qu'une approximation du système, il est conditionné par l'objectif de l'étude.

(b) *Expérimentation* : il s'agit de construire des théories, ou des hypothèses, qui prennent en compte le comportement du système observé. Le passage du système au modèle conceptuel est une étape essentielle pour la simulation.

Dans la gestion durable des ressources naturelles, la simulation est un outil d'aide à la comparaison des solutions, à l'optimisation des paramètres et à la prise de décision.

I.7 Structure et organisation des écosystèmes forestiers

L'appui de la recherche scientifique est sollicité pour mettre en œuvre les nouvelles orientations en matière de gestion des écosystèmes forestiers. Les demandes de recherche portent non seulement sur un besoin de connaissances, mais se focalisent aussi sur la question de savoir comment aménager un schéma conceptuel de la transition vers un partenariat dans la gestion des ressources forestières, (NGUINGUIRI, 1999). MUSIBONO, (2006) confirme que la notion de système et essais d'application des principes de la physique sont applicables en écologie des écosystèmes. La loi de la gravitation universelle de Newton a révolutionné la pensée scientifique quant au mouvement évolutif des systèmes naturels. On pense au contraire que les processus fondamentaux qui opèrent dans la nature sont irréversibles et stochastiques.

Aussi, les lois physiques réversibles et déterministes qui s'expriment par les équations mathématiques simples sont-elles impuissantes à expliquer le fonctionnement d'ensembles aussi complexe, entre l'ordre et le désordre.

Nous vivons dans un monde pluraliste dans lequel nous rencontrons des phénomènes tout autant déterministes que stochastiques aussi bien réversibles qu'irréversibles. L'état actuel des réflexions conduit à ce qui suit :

- ✓ il est possible d'appliquer la théorie des systèmes aux systèmes écologiques ;
- ✓ les systèmes écologiques sont des systèmes complexes ;
- ✓ ils sont structurés par un réseau de communication ;
- ✓ ils sont hiérarchisés ;
- ✓ ils sont dynamiques dans le temps et dans l'espace comme des systèmes dynamiques non linéaires ;
- ✓ ce sont des systèmes adaptatifs auto-organisés et autorégulés.

Ces différentes réflexions permettent de comprendre l'organisation des systèmes écologiques. Dans cette démarche vers la compréhension de l'organisation des systèmes écologiques, l'approche systémique est préférable à l'approche analytique, car la première est globalisante et prend en compte l'ensemble des éléments du système étudié, et dans une perspective dynamique, prend en compte l'ensemble des interactions des éléments constitutifs du système. Si les changements de fréquence des perturbations ou des variables environnementales sont lents, les communautés ayant une dynamique rapide peuvent suivre les différentes prédictions des modèles à l'équilibre pour chaque nouvelle valeur du régime de perturbation ou de la variable environnementale. En revanche pour les communautés qui ont une dynamique plus lente comme les forêts, ces modèles à l'équilibre ne sont plus applicables, l'histoire du système redevient prépondérante. Le système a alors une dynamique transitoire, (CHESSON *et al.*, 1986, HASTING, 2004) dans KUNSTLER, (2005).

I.8 Perceptions des écosystèmes forestiers

Ce texte est tiré de l'étude de MOIZO, (2003) sur les perceptions et usages de la forêt au pays bara (Madagascar), en effet, la notion du milieu forestier, espace sacré, se fondait sur une gestion collective à long terme de ressources qui semblaient inépuisables aux hommes, aujourd'hui, une autre logique prévaut: s'enrichir au plus vite aux dépens de la forêt, dernier espace à conquérir.

À partir d'une approche diachronique de ces phénomènes, une réflexion sur les contradictions actuelles, qui émergent, entre perceptions et usages doit être élucidée. Dans le passé, la forêt avait partout une place à part. A la fois symbole de la générosité et de la toute-puissance d'un Dieu créateur, et considérée comme une inépuisable réserve de multiples ressources, c'était aussi un milieu craint et redouté. Depuis une trentaine d'années, la dégradation de la forêt s'accélère, en raison de la récente péjoration des conditions climatiques et de l'afflux des migrants qui en a résulté.

L'immigration rurale, phénomène ancien et structurel, s'est amplifiée dans la période récente, et l'extension des défrichements y est spectaculaire et largement incontrôlée. La forêt, sollicitée à divers titres, se trouve de plus en plus dégradée et morcelée. L'agriculture sur brûlis, la fabrication de charbon de bois, la commercialisation de produits ligneux, les prélèvements abusifs de produits non ligneux et les feux de brousse sont des activités associées au temps court et à l'individu. Même si ces activités sont le fait de groupes sociaux et non d'individualités, elles visent à l'enrichissement à court terme. Cette nouvelle relation au milieu forestier constitue une contradiction de fond avec les attitudes anciennes fondées sur la gestion collective, le long terme et les prélèvements raisonnés.

Les fragments de forêts qui subsistent sont essentiellement des forêts sacrées, de faible superficie, dispersées, mais très variées en termes de typologie et d'affectation culturelle. Elles sont relativement petites et interviennent dans la protection de la faune et de la flore forestières en s'appuyant sur la perception des populations locales. Plusieurs espèces d'arbres et espaces forestiers sont ainsi considérés comme des habitats d'une multitude de divinités vénérées par les populations locales.

Ce sont des arbres sacrés isolés, des réserves de chasse, des forêts des ancêtres, des forêts cimetières, des forêts de dieux ou de génies, des forêts de sociétés secrètes, etc. Très protégés auparavant pour leur rôle social, culturel et de conservation de la biodiversité, ces arbres et forêts sacrés sont actuellement menacés de disparition, (KOUAMI et *al.*, 2006). Des approches globales de gestion forestière, comme la gestion des écosystèmes et l'aménagement des sites, sont de plus en plus acceptées et mises en pratique. Ces approches reconnaissent le dynamisme des systèmes écologiques et sociaux, la nécessité d'une gestion adaptative et l'importance des prises de décisions collectives. Les stratégies intégrées de conservation des forêts dans lesquelles la sauvegarde des ressources forestières en général et de la biodiversité en particulier, nécessitent en premier lieu un bon état des lieux, (DJEGO et *al.*, 2012).

Chapitre II : Description de *Millettia laurentii* De Wild.

II.1 Description botanique

Selon Centre Technique Forestier Tropical (CTFT, 1952); TAILFER, (1989); LATHAM & KONDA, (2006); WILK & ISSEMBE, (2000); HARRIS & WORTLEY, (2008); THIRAKUL, (1989); VIVIEN & FAURE, 1985; PAUWELS, (1993); TCHINDA, (2008); LEBRUN & STORK, (2008) cité par MENGA (2012), *M. laurentii* est un arbre de taille moyenne atteignant 30 à 45 m de hauteur. Son tronc est gris pâle à aspect lisse de loin, rugueux de près en raison de la présence des lenticelles, et souvent couverte de lichens verts à la base.

L'écorce interne est jaunâtre, granuleuse, avec un exsudat rougeâtre. Le fût est cylindrique, souvent légèrement courbé (rarement droit), dépourvu de branches sur une hauteur pouvant parfois atteindre 20m. Il peut atteindre jusqu'à 150 cm de diamètre et il est légèrement soutenu à la base par des piliers cylindriques, cannelés ou légèrement empâtés. Les branches sont retombantes.



Photo 6: *M. laurentii* a) jeune plante âgée de 3 ans en croissance dans le noyau forestier, b) plante mature à l'état sauvage à Ibi-village, c) graines a) Feuilles

Les feuilles sont alternes, composées imparipennées, glauques, caduques, longues de 25 à 30 cm, à (4-) 6-7(-9) paires de folioles opposées plus une terminale plus large. Les stipules et les stipelles sont absentes, le pétiole est de 4-7 cm de long, le rachis est de 10-18 cm de long, et les pétiolules sont de 4-6 mm de long. La foliole terminale est plus large et souvent obovale tandis que les folioles latérales sont oblongues à obovales, arrondies à la base, brusquement acuminées au sommet, et glabres.

b) Inflorescence

L'inflorescence est en panicule terminale de 20-40 cm de long, avec des ramifications jusqu'à 5 cm de long, et à pubescence courte. Les fleurs sont bisexuées, papilionacées, s'épanouissant en grandes grappes (Photo 6.b et 7). Le pédicelle est d'environ 3 mm de long, à 2 petites bractéoles près du sommet. Le calice est campanulé, de 6-8 mm de long, contenant un tube aussi long que les lobes. La corolle est violet pâle à bleue violacée, glabre, à étendard orbiculaire d'environ 12 mm de diamètre, à onglet d'environ 3 mm de long à la base, possédant des ailes et une carène d'environ 16 mm de long. Les étamines sont au nombre de 10, dont 9 fusionnées et 1 libre, d'environ 15 mm de long. L'ovaire est supère, d'environ 10 mm de long, et poilu. Le style est mince, courbé, et glabre.

c) Fruit

Le fruit est une gousse aplatie, ligneuse brun clair, oblancéolée à linéaire, de 15-28 cm x 3-5 cm, à paroi rigide, glabre, finement rayée, déhiscente, renfermant 2 à 4 graines). Les graines sont oblongues à lenticulaires, aplaties, de 22-25 mm x 18-20 mm, lisses, brun violet (Photo7). La dispersion de graines se fait par explosion du fruit (ballochorie). La plantule possède une germination épigée; l'hypocotyle est d'environ 4 cm de long, et l'épicotyle de 7-12 cm de long. Les premières feuilles sont opposées et simples.

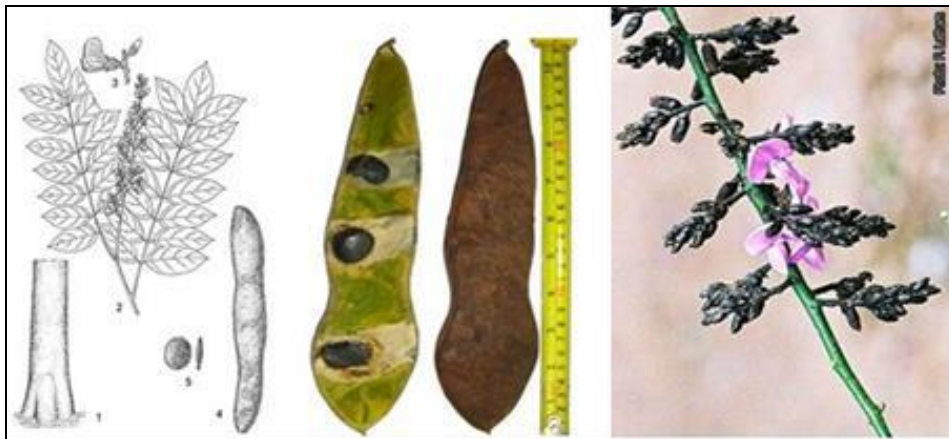


Photo 7: Fût, Inflorescence, fruit et fleur de *M. laurentii*

Source : MENGA, (2012)

II.2 Ecologie et classification

M. laurentii se rencontre dans la forêt pluviale, souvent sur des stations bien drainées, mais aussi dans des forêts sujettes à inondations régulières ainsi que dans des savanes arborées (<http://database.prota.org/PROTAhtml/Millettia>, consulté le 05.02.2014).

Selon la classification Angiosperm Phylogeny Group de la troisième génération (APGIII) & Centre Technique Forestier Tropical (CTFT, 1952); WILK & ISSEMBE, (2000); PAUWELS, (1993) et TCHINDA, (2008) dans MENGA, (2012), *M. laurentii* est une espèce de la sous-famille des *Faboideae*, famille des *Fabaceae*, appartenant à l'ordre des *Fabales*, clade des *Rosidae* (*Eurosideae I*), et classe des *Eudicotyledonae*.

Le genre *Millettia* comprend environ 150 espèces, dont la majorité (environ 90) poussent en Afrique continentale, 8 sont endémiques de Madagascar, et une cinquantaine sont indigènes d'Asie tropicale (<http://database.prota.org/PROTA/Millettia>, consulté le 05.02.2014).

Communément connu sous le nom commerciale de Wengé, l'essence est également connu sous plusieurs noms vernaculaires qui sont: Nson-so, Otogo, awong (Gabon), Awong, esoneson, nsonso (Cameroun), N'toko, N'gondou (Congo), Wengué, Awong, Bois de fer, Bois noir, Palissandre du Congo, Faux ébénier (France), Awong, Grey ebony (Angleterre), Pau ferro (Portugal). En RDC, suivant les dialectes, il est connu sous le nom de Bondoko, Bokonge (d. kundu); Bota (d. kikongo); Bwengu (d. bakuba); Kiboto (Mvuazi); Mbotu (Kisantu); Mokonde mutshi (d. tshofa); Mokonge (d. lingala); Mondana (Kwilu); Ntoka (d. kiyaka); Mubakwer (d. yansi); Kithoô (d. dinga); Tshikalakala (d. lulua); Mokonge (Lingala); Wengé (Lac Mai-Ndombe). Dans le Kwilu-Imbongo, il est connu sous le nom de "Obor" chez le Babunda (Ambun ou Mbuun); Itoo (d. kete).

Dans le cas de notre étude, nous utiliserons le nom scientifique "*M. laurentii*" et le nom commercial "Wengé". Cette espèce est également considérée comme un arbre honorable, et à ce titre; elle est plantée dans l'enclos des chefs chez les ambuun, de grande valeur commerciale, elle est utilisée en construction, canne ancestrale, arbre dont l'ombrage sert de palabre mais aussi comme indicateur de saison sèche (chute de feuilles) et pluvieuse (reprise des feuilles).

II.3 Répartition géographique

L'aire naturelle de *M. laurentii* est restreinte à une zone limitée en Afrique centrale, s'étendant de l'est du Cameroun⁰, de la Guinée équatoriale² et du Gabon⁵ jusqu'aux parties

occidentales de la Centrafrique³ et à la République Démocratique du Congo⁴ (<http://database.prota.org/PROTA/Millettia>, consulté le 12.04.2014) (Fig.4.1).

Selon les informations qui nous sont parvenues du Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Développement Durable/RDC à la DIAF ainsi qu'à la DGF, *M. laurentii* est présente spécialement dans les Provinces et Territoires ci-après :

- province de l'Equateur dans les territoires de Basankusu⁷, Bomongo⁸, Boende¹², Lukolela¹⁷, Bolomba²¹, Bikoro²⁴ et Ingende²⁵;
- province de Tshuapa, l'espèce est rencontrée dans les territoires de Befale⁵, Monkoto¹¹ et Djolu¹⁵,
- province de Mongala dans les territoires ci-après : Bongandanga¹⁴, Bumba¹⁰ et Lisala¹⁹;
- province de Maï-Ndombe, l'espèce est signalée dans les territoires de Mushie⁰, Oshwe², Bolobo¹³, Inongo¹⁶, Yumbi¹⁸, Kutu²² et Kwamouth²⁸;
- province du Kwilu, l'espèce est présente dans les territoires d'Idiofa¹ et Bulungu²³
- province -ville de Kinshasa, l'espèce est présente sur le plateau des Batéké dans la commune de Malaku²⁶ (Fig.4.2).

Par ailleurs, Malele (2003) fait remarquer aussi sa présence dans la province du Kongo Central, territoire de Kasangulu²⁷, et dans la province de Kasai, territoire de Mweka³ et Ilebo⁴. Ces habitats sont très sollicités par les opérateurs forestiers et elle est, par conséquent, surexploitée. De plus, les populations utilisent ses jeunes pieds dans la carbonisation; elle devient donc vulnérable, Malele (2003).

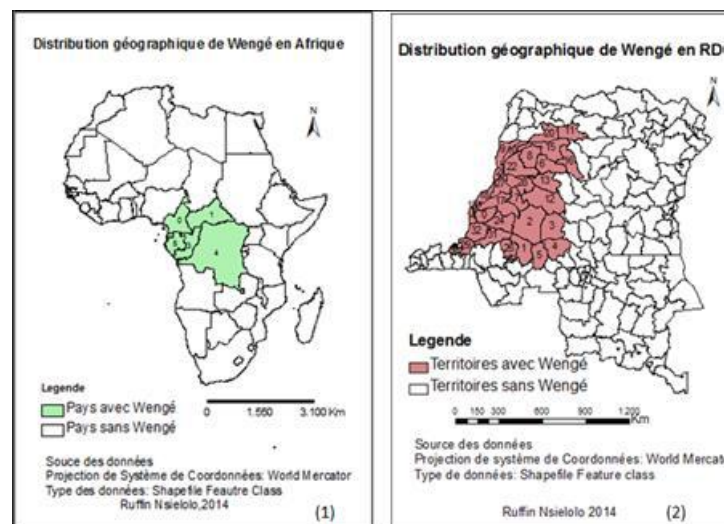


Figure 4: Distribution de Wengé en Afrique (1) et en RDC (2)

Le Wengé est sempervirent à l'état jeune et caducifolié à l'état adulte avec un pic dans la chute de feuilles en saison sèche au mois de juin et juillet, (ALENCAR *et al.*, (1979) in LACOSTE et ALEXANDRE, (1991).

II.5 Caractères généraux du Wengé

M. laurentii se caractérise par des limites de cernes distinctes, un bois de cœur brun à noir, avec veines. La couleur de l'aubier est différente du bois de cœur, l'odeur est absente. Les veines ne sont pas formées par des dépôts colorés, mais par l'alternance de bandes claires de parenchyme et de bandes sombres de fibres, DETIENNE, (1998); TCHINDA, (2008) dans KAVANGU, (2013).

II.6 Vaisseaux

Bois à pores disséminés, les vaisseaux sont sans disposition particulière, vaisseaux accolés, accolements radiaux de 2–3. Vaisseaux de deux tailles distinctes absentes. Le diamètre tangentiel moyen des vaisseaux varie entre 265–320 μm ; le nombre moyen de vaisseaux par mm^2 est de 1 à 3. La perforation est simple. Thyllés absents, autres dépôts dans les vaisseaux du bois de cœur présents, RICHTER & DALLWITZ, (2009) dans KAVANGU, (2013).

II.7 Croissance, propriétés et développement de *M. laurentii*

Les arbres de *M. laurentii* en pleine floraison attirent le regard par leur beauté des fleurs couvertes de bleu violacé en forme des papillons, d'où l'ancienne appellation de la famille de papilionaceae. Les racines portent des nodules qui contiennent des bactéries fixatrices d'azote. Ce texte a été tiré de <http://database.prota.org/PROTAhtml/Millettia> (consulté le 05.02.2014 à 13h50), selon cette source, le bois de *M. laurentii* est de cœur jaune lorsqu'il est fraîchement scié, mais foncé à l'exposition à l'air pour devenir brun foncé ou brun-noir, avec des rayures noires, et il est nettement distinct de l'aubier jaune pâle de 2 à 5 cm d'épaisseur. C'est un bois lourd, d'une densité de 750 à 960 kg/m^3 à 12% d'humidité. Il sèche lentement à l'air, avec un léger risque de déformation et un risque élevé de gerçure.

Les taux de retrait sont assez élevés, de l'état vert à anhydre de 4,5 à 6,2% dans le sens radial et 8,6 à 10,0% dans le sens tangentiel. Le bois est dur et élastique, mais avec une tendance à la fente. Le bois se scie et se travaille bien, mais il faut une certaine force et les dents de scie et outils tranchants s'émoussent rapidement; des dents de scie stellitees et des outils tranchants au carbure de tungstène sont recommandés.

Il est difficile à polir, et l'emploi de cire de finissage est recommandé. Des avant-trous sont nécessaires pour le clouage et le vissage. Le bois se tranche bien. Il peut aussi être déroulé, mais il faut alors un étuvage préalable intensif. Les caractéristiques de collage et de vernissage sont médiocres en raison de la présence de cellules résinifères, mais l'emploi d'un enduit bouche-pores améliore considérablement les résultats. Le bois de cœur est très durable, étant résistant aux attaques de champignons, de térébrants des bois secs et de termites, et moyennement résistant aux térébrants marins, tandis que l'aubier est sujet aux attaques de bostryches.

Le bois de cœur est rebelle à l'imprégnation par les produits de préservation, mais l'aubier leur est perméable. Le contact avec la fine sciure produite lors des opérations de transformation peut provoquer chez les ouvriers de l'asthme professionnel et de la dermatite allergique. On a isolé du bois une quinone (2,6-diméthoxy-1,4-benzoquinone) qui a été identifiée comme allergène de contact. On a isolé du bois de cœur plusieurs isoflavones, et de l'écorce et des graines divers alcaloïdes, y compris des alcaloïdes du groupe de la guanidine; les graines contiennent environ 35% d'huile.

II.8 Multiplication, gestion et traitement

M. laurentii se multiplie par graines, les essais des macroboutures de taille inférieure à 1mètre donnent aussi de bons résultats, (NSIELOLO et *al.*, 2015). En RDC, *M. laurentii* est l'une des essences plantées en reboisement sur des terres précédemment cultivées. Le diamètre minimum d'abattage est de 50 cm au Cameroun et 60 cm en RDC. Après récolte, les grumes peuvent présenter le défaut du cœur mou. Elles peuvent être laissées en forêt pendant quelque temps sans dommage. Cependant, des térébrants peuvent attaquer le bois vert, y faisant des trous d'environ 0,5 cm de diamètre et 1–2 cm de long. Les grumes ne flottent pas et ne peuvent donc être transportées par flottage. Le bois est scié localement et exporté sous forme de planchettes ou de planches, souvent dans des dimensions d'environ 250 × 20 × 5 cm.

II.9 Usages de l'espèce

Le bois est couramment utilisé pour la parqueterie lourde, les menuiseries intérieures et extérieures, les panneaux intérieurs et extérieurs, l'ébénisterie, les meubles, la sculpture, le tournage et les placages tranchés. Il convient aussi pour la construction lourde, les bois de mine, les châssis de véhicules, œuvre d'art, les instruments divers, les articles de sport, les jouets et articles de fantaisie, la caisserie et les traverses de chemin de fer.

Il est très recherché pour les meubles décoratifs et pour la parqueterie. On l'emploie également pour les instruments de musique et de meubles de haute qualité, en particulier pour les guitares, étant réputé fournir un son harmonieux et fort. En médecine traditionnelle, on emploie la décoction d'écorce pour traiter les affections hépatiques, le diabète, les hernies, les maladies de la peau, la constipation, la fièvre et les rhumatismes, dans la plus part de régions de la RDC, l'écorce est également employée comme expectorant et émétique, et pour traiter l'épilepsie, la variole, l'œdème et les abcès. On l'emploie encore comme poison de pêche, insecticide, vermifuge et poison de flèches, SCHMELZER & *al.*, (2008); TCHINDA, (2008); ILUNGA, (2010) in KAVUMBU (2013). Les arbres en fleurs fournissent du nectar pour les abeilles, et certaines chenilles comestibles se nourrissent des feuilles. *M. laurentii* est aussi plantée comme arbre d'ornement et d'alignement.

II.10 Production et commerce international

Selon l'OIBT, la RDC a exporté en 2003 un volume de 2000 m³ de sciages de Wengé, à un prix moyen de US\$ 409/m³, et 1000 m³ de contreplaqué, à un prix moyen de US\$ 354/m³. En 2004, les exportations de sciages de la RDC se sont élevées à 4000 m³, à un prix moyen de US\$ 383/m³, et 2000 m³ de contreplaqué, à un prix moyen de US\$ 334/m³. Selon l'Association Technique Internationale des Bois Tropicaux (ATIBT), la RDC a exporté en 2004 un total de 4500 m³ de grumes, 1900 m³ de grumes de bois frais et 100 m³ de bois séchés (MENGA, 2012). Le volume d'abattage en m³ de Wengé de la RDC pour la période de 2005 à 2011, est présenté dans la figure 5 ci-dessous.

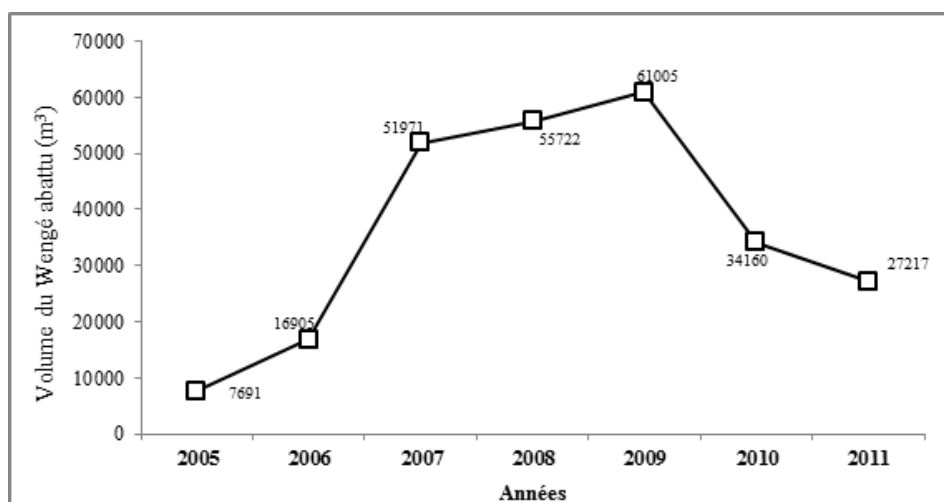


Figure 5: Volume de Wengé (m³) exploité en RDC par le secteur formel
Source : État des Forêts 2013

Chapitre III: Milieu d'étude

III.1 Le plateau des Batéké

Dans cette section, nous allons d'abord décrire le plateau des Batéké dans son ensemble puis dans la partie de la RDC qui fait l'objet de notre étude.

III.1.1 Cadre géographique

Le plateau des Batéké a déjà été décrit par plusieurs auteurs, (BASAULA, 1989; BILOSO, 2008; BISIAUX et *al.*, 2009; KASONGO et *al.*, 2009; KASONGO, 2010). D'une manière générale, il constitue un vaste ensemble structural qui s'étend depuis le Gabon passant par la République du Congo jusqu'en République Démocratique du Congo. Il couvre une superficie totale de 35.164km² dont 7.000 en RDC, limité à l'Ouest par le fleuve Congo, à l'Est à 17°00' longitude Est, au Sud par le parallèle 5° lat. Sud et au Nord par le parallèle 4° lat. Sud, (BASAULA, 1989).

Son aspect géographique n'a guère changé depuis des siècles; c'est un immense espace dénudé avec quelques galeries forestières perdues au milieu grandes savanes herbeuses (http://www.batéké.com/Bateké/4_plateaux), (consulté le 16.04.2012).

III.1.2 Géologie

Le plateau des Batéké forme l'extrémité occidentale du vaste bassin sédimentaire d'âge crétacé à miocène qui s'étend plus dans l'est de la République démocratique du Congo. Les formations les plus anciennes appartiennent au groupe du Stanley Pool qui repose directement sur le soubassement précambrien. Ce sont en majeure partie des grès tendres et friables. Les strates plus récentes sont composées de limons sableux ou de sables quartzeux, provenant d'une altération sur place et de sables éoliens.

Deux types de sols sont distingués dans la région: les sols hydromorphes et les sols ferrallitiques sur lesquels les forêts sont installées. Les sols sont en majeure partie sableux, très perméables et pauvres (http://carpe.umd.edu/resources/Documents/Leconi_SOF2006_fr.pdf, consulté le 17.04.2012). D'après KOUBOUANA et *al.*, (2007), la géologie de Plateau Téké présente essentiellement deux séries: celle de Stanley Pool rencontrée généralement à Brazzaville et ses environs nord et celle des sables Batéké.

En RDC, le plateau des Batéké est le nom donné à l'extension nord du plateau de Kwango. À l'est, le plateau de Kwango forme une surface structurale avec les caractéristiques Pliocène. Ce type de paysage est caractérisé par une régularité monotone de surface de plateau qui est parfaitement plane sur de vastes superficies, (LADMIRANT, 1964; CAHEN et LEPERSONNE, 1948) cités par KASONGO, (2010). La géomorphologie est la même que celle du plateau des Batéké entrecoupée par des vallées sèches et des dépressions fermées de forme ovale, lobée ou subcirculaire. Ces dépressions ont une profondeur qui dépasse rarement 20 m. Les grandes dépressions se caractérisent par un fonds marécageux et boisé ; certaines sont tapissées d'une formation superficielle des sables blancs, (BASAULA, 1989). Le massif du Plateau du Kwango, de 600 à 700 m d'altitude, domine complètement la partie Est de la ville province de Kinshasa. Sa portion située dans la ville est appelée Plateau des Batéké, la densité démographique y est très faible. La chaîne de collines peu escarpées (350 à 675 m d'altitude) où l'on trouve les Monts Ngaliema, Amba et Ngafula, constitue la frontière commune avec le Kongo Central et forme la partie Sud de la ville, jusqu'au Sud-Est, où se trouve les Plateaux des Batéké. Ces collines, y compris les hauteurs de Mbinza et de Kimwenza, seraient issues du démantèlement de ce Plateau. La plaine de Kinshasa suit le lit du Fleuve Congo et est enfermée entre le Fleuve Congo, le Plateau des Batéké et les collines. Elle n'a qu'une largeur moyenne de 5 à 7 km. Cette plaine se situe entre 300 et 320 m d'altitude et a une superficie avoisinant 100 km². C'est là que se trouve concentrée la portion la plus importante de la population de la ville province de Kinshasa, (BILOSO, 2008). Les sols du plateau des Batéké ont été développés sur les "Sables ocres" communément appelés "Système de Kalahari", lequel inclut les séries Néogène des "Sables ocres" et les séries Paléogène sous jacentes des "Grès polymorphes", (LEPERSONNE, 1945; CAHEN et LEPERSONNE, 1956; De PLOEY et *al.*, 1968) in KASONGO, (2010).

Selon DE PLOEY, (1965) cité par BASAULA, (1989), la région de plateau des Batéké présente un profil géologique assez typique: au sommet vers 690 à 700 m d'altitude, on trouve les sables ocre du Kalahari supérieur. Puis vient une zone de transition vers 610 m constituée par les sables du Kalahari inférieur. Enfin, vers 550 m soit 150 m au dessous du sommet, on rencontre des couches gréseuses: les grès polymorphes et les chistes tendres mésozoïques.

III.1.3 Population

Souvent appelés Téké (Batéké au pluriel ou Mutéké au singulier Teke selon l'orthographe africaniste), un peuple bantou partagé entre l'ouest de la République démocratique du Congo, le sud du Congo et, minoritairement, le sud-est du Gabon. Les Téké, comme l'indique l'épithète, sont exclusivement peuplés d'une ethnie subdivisée en quatre tribus : les Téké, les Boma, les Nzikou et les Kukuya. Leurs activités agricoles étaient menées principalement en savane, mais l'appauvrissement progressif des sols de savane a conduit les Téké à pratiquer l'agriculture en forêt, (KOUBOUANA et *al.*, 2007).

Le peuple Téké est dépourvu de division clanique, le principe d'organisation majeur est la chefferie. Le village est l'unité sociale la plus importante. La religion est la croyance aux esprits des ancêtres qui ne sont jamais morts et qui sont là aux côtés des vivants. Quant à l'Esprit Supérieur, il habite les chutes de la rivière Lufimi par exemple. C'est le Nkwe Mbali qui le protège. Ces esprits peuvent agir partout et au service de l'homme disposant d'un sanctuaire approprié. La société Téké actuellement vit des activités suivantes: agriculture, charbonnage, pêche, chasse, artisanat et commerce. Sur le plateau des Batéké, on cultive dans l'ordre de priorité le manioc, le maïs, l'arachide, la patate et la pastèque. Le peuple Téké se caractérise par sa tradition hospitalière, sa solidarité et sa détermination pacifique. (<http://congo-guide.com/index.php/info-congo-guide/30-focus/301-le-royaume-teke>, consulté le 13.02.2012).

III.2 Station Ibi-village

III.2.1 Situation géographique

Le site **Ibi-village** se trouve sur le plateau des Batéké qui appartient administrativement à la Commune urbano-rurale de Maluku, de la ville province de Kinshasa. Il est situé à 140 km à l'est du centre de Kinshasa entre 4° 15' et 4° 25' de latitude Sud et 16°4' et 16°12' longitude Est. La station Ibi-village de forme triangulaire s'étend sur plus de 20 000 ha (Fig.6). Elle est délimitée au sud par la route reliant Kinshasa-Kikwit (la nationale n°1), à l'ouest et à l'est par les rivières Duale et Lufimi. On le rejoint à 8 km à partir de la nationale n°1, on y accède facilement par une route carrossable. Historiquement, cette zone était peu densément peuplée par l'ethnie Téké : environ trois habitants au kilomètre carré.

L'autorité traditionnelle est exercée par les chefs coutumiers dont le rôle, en droit moderne, n'est pas clairement précisé en matière judiciaire et foncière. L'ordre public, l'hygiène, la santé, l'éducation, les communications sont du ressort de l'autorité territoriale, (Bisiaux et *al.*, 2009).

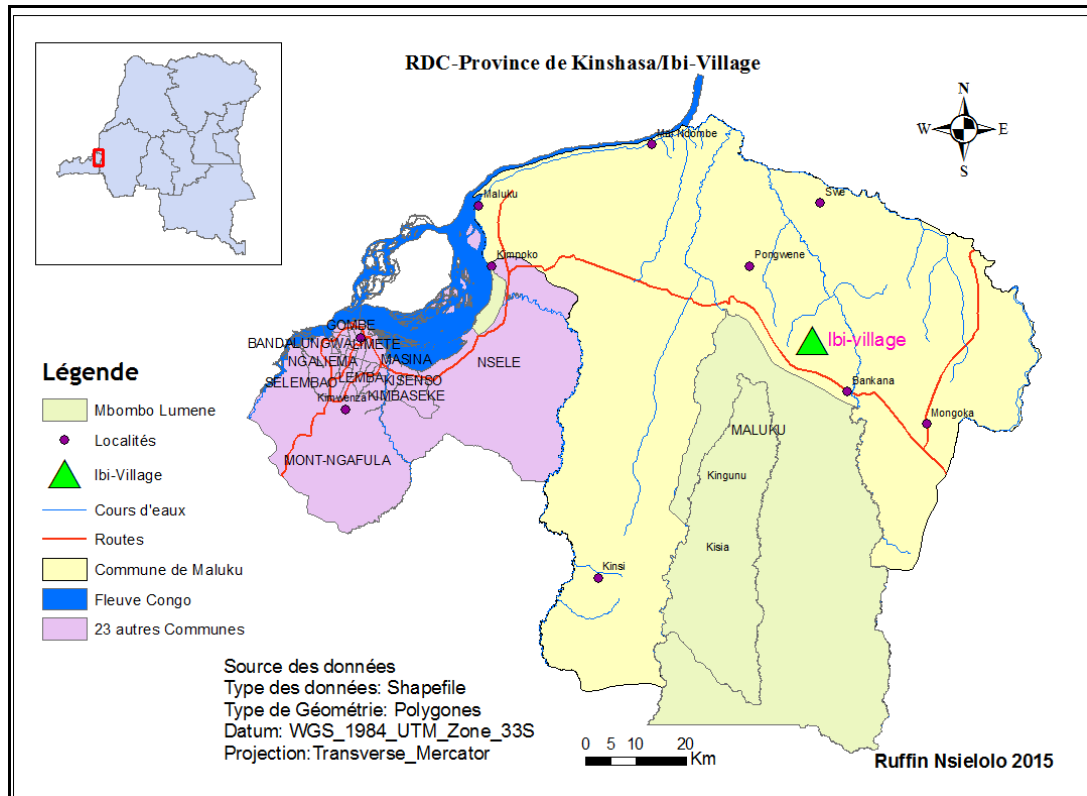


Figure 6: Carte de localisation de la Station Ibi-village

III.2.2 Activités socio-économiques

La population demeurant sur le site Ibi-village est composée d'ouvriers agroforestiers habitant sur le site d'exploitation avec leur famille auxquels viennent s'ajouter périodiquement les populations des villages, hameaux et fermes situés dans un rayon d'environ 20 kilomètres de la station Ibi-village. Outre les locaux, ces villages, hameaux et fermes sont habités par des migrants qui proviennent de Kinshasa ou de reflux des chômeurs de cette ville. L'initiative agroforestière « Puits de Carbone Ibi-village » développé sur le plateau des Batéké a créé une centaine d'emplois. Il peut constituer un exemple de modèle d'intervention pour stabiliser les populations locales ou fixer les migrants vers les centres urbains.

En dehors des emplois temporaires offerts par Ibi-village, l'activité dominante de la région est l'agriculture itinérante sur brûlis, pratiquée principalement en milieu forestier sur les versants des vallées fluviales.

L'exploitation des PFL et PFNL est bien connue de ce plateau; la population pratique aussi de l'apiculture même si elle est essentiellement artisanale. Les méthodes culturales liées à cette agriculture impliquent l'utilisation de grands espaces à brûler (1 à 4 hectares), ce qui occasionne des feux de brousse réguliers, dommageables à la régénération forestière naturelle (Photo 5). La présence humaine a profondément modifiée le milieu pendant les dix dernières années, bien que les effets d'une perturbation anthropique se prolongent sur plusieurs siècles, (KAYUMBA et *al.*, 2015).

III.2.3 Système de production agricole

Les formations végétales actuelles sur le plateau des Batéké sont la résultante de l'évolution du système agraire au cours des trente dernières années. Cette évolution se caractérise en particulier par :

- ✓ une extension continue des cultures dans la savane et les galeries forestières aux dépens des jachères sous la forte pression démographique;
- ✓ une raréfaction des ressources ligneuses sous l'effet des défrichements et de la diminution continue des durées de jachère;
- ✓ une diminution continue de la fertilité des sols (enlèvement total des résidus de récolte, absence de restitution des exportations minérales et organiques);
- ✓ une tendance à l'appropriation individuelle de la terre et des arbres qu'elle porte.

Face à cette situation, des réponses locales ont émergé depuis près d'une quinzaine d'années sous l'influence des services techniques appuyés par les projets comme NOVACEL, GI-Agro, Mampu et CADIM qui tentent de développer de nouvelles pratiques agroforestières visant à produire du bois énergie et à maintenir la fertilité des sols par la pratique du défrichement amélioré et l'intégration des arbres dans le système de culture.

III.2.4 Fiche technique de Ibi-village

Titre: Puits de carbone Ibi-village

Afforestation, Régénération, Développement rural et Protection de l'environnement sur le plateau des Batéké (République Démocratique du Congo).

Localisation: Domaine d'Ibi-village, concession privée, Cfr la situation géographique.

Promoteur: NOVACEL, Société Privée à Responsabilité Limitée de droit Congolais. Date de création : 18 juin 1985, **NRCn°12077-Kinshasa; IN55230L** Administrateur Directeur Général: Olivier MUSHIETE, Ingénieur agronome.

Objectifs: Le Puits de Carbone Ibi-village s'inscrit dans le cadre du Mécanisme pour un Développement Propre instauré par le protocole de Kyoto de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Le projet vise quatre objectifs au travers du boisement de 8 000 hectares de savanes herbeuses ou faiblement arbustives avec des essences à croissance rapide: (1) Produire du bois énergie transformé en charbon et bois de service et d'œuvre. (2) Contribuer à la réduction de CO₂ excédentaire dans l'atmosphère par la séquestration du carbone.

(3) Former des personnels et créer des emplois durables.

(4) Amorcer le développement local.

Actions : Rythme de plantation, Eucalyptus, Acacia, Pins, diverses espèces locales, essais divers, pare-feu et pistes.

III.2.5 Facteurs climatiques

Le climat est tropical humide, soudano-guineen du type Aw4 selon les critères de Köppen ; connaît des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 1500 mm d'Octobre à mi Mai, (HABARI et *al.*, 2010; VERMEULEN et LANATA, 2006). La saison sèche dure quatre mois, elle s'étend de mi-mai à septembre ; en janvier-février parfois dès mi-décembre survient une période de moindre pluviosité. La température moyenne annuelle est d'environ 25°C (Tableau 1) avec des minima et maxima absolus de 14 et 39°C respectivement en août et mars. Mais les températures journalières minimales en saison sèche peuvent descendre jusqu'à 10 à 12°C. L'humidité relative de l'air est toujours assez élevée, 80 %, (BASAULA, 1989). Un brouillard matinal séjourne régulièrement sur le plateau des Batéké parfois jusqu'à 9h. Le site Ibi vient à peine d'installer sa station météorologique dont les données ne couvrent pas encore une période de deux ans, c'est ainsi que ce site se sert des données des stations Mampu et Mbankana situées à environ 10 km (Tableau 1).

Tableau 1: Les données météorologiques mensuelles moyennes de la station du centre Mampu et Mbanakana pour la période : 1997-2006

Stations	Mampu		Mbankana	
Mois	Préc. mm/Mois	Tempé. (°C)	Préc. (mm/Mois)	Tempé. (°C)
Janvier	170,34	26,44	157,11	26,44
Février	141,33	26,81	125,22	26,81
Mars	170,2	26,75	164,31	27,13
Avril	186,06	27,08	201,87	27,08
Mai	132,21	26,03	164,16	26,03
Juin	19,32	24,24	13,05	24,24
Juillet	5,76	23,44	6,15	23,44
Août	8,4	24,23	16,98	24,23
Septembre	96,42	24,58	76,92	25,58
Octobre	174,15	26,26	168,75	26,26
Novembre	210,3	26,35	241,98	26,35
Décembre	236,61	26,09	238,32	26,09
Maximum	236,61	27,08	241,98	27,13
Minimum	5,8	23,4	6,2	23,4
Moyenne	129,3	25,7	131,2	25,8

Source : MANGONI, (2010)

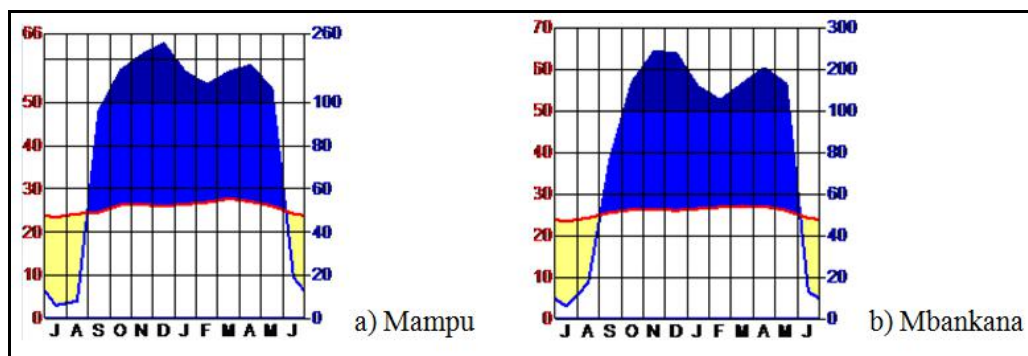


Figure 7: Diagrammes ombrothermiques des stations Mampu (a) et Mbankana (b)

Les diagrammes ombrothermiques présentés par la figure 7 montre que les paramètres pluviométriques des stations Mbankana et Mampu ont évolué de manière plus ou moins régulière en 10 ans. Les précipitations moyennes de la station de Mbankana dépassent celles de Mampu de 2 mm. Les températures sont légèrement basses à Mampu, la différence entre les moyennes de température est de 0,1°C. Une différence non significative sur le plan statistique. Les conditions climatiques sont similaires. La présence des forêts d'*Acacia* à Mampu justifierait ce microclimat particulier.

III.2.6 Risque d'érosion

Les études de NOVACEL, (2009) signalent que la pédologie des sols sont très favorables à la production forestière. Ils sont profonds, meubles, perméables et présentent une bonne porosité et une proportion intéressante d'éléments fins. On n'y rencontre aucune pierre et ils sont facilement mécanisables pour la préparation du terrain. Leur fertilité chimique est faible, mais cette situation n'est pas critique pour les espèces forestières réputées frugales. Compte tenu de la nature sableuse des terrains, et bien que les pentes des terrains qui seront boisés soient en général assez faibles, le risque d'érosion ne doit pas être négligé. Des traces d'érosion parfois importantes apparaissent sur les flancs des vallées de la Dualé et de la Lufimi, dès que la couverture végétale disparaît, par exemple sur les sentiers qui descendent des villages vers les sources où les populations locales viennent puiser l'eau pour les usages alimentaires. Les parties à boiser sont situées hors de ces zones très pentues.

III.2.7 Hydrographie

La concession Ibi-village est bordée à l'Ouest par la rivière Dualé, à l'Est par la rivière Lufimi et est traversée en son centre par la petite rivière Ibi qui a donné son nom (Ibi = source) à la concession dont la source approvisionne toute la station en eau potable.

III.2.8 Végétation

La station Ibi est constituée de savanes herbeuses ou arbustives rarement arborées. Deux galeries forestières forment les limites Est et Ouest de la station sur les berges des rivières Lufimi et Duale, une troisième galerie forestière occupe les flancs de la vallée d'Ibi jusqu'à sa rencontre avec la rivière Dualé au nord de la station. La dynamique progressive est celle qui se caractérise par le remplacement d'une végétation par une autre dans une série qui tend vers le stade le plus évolué (climax), c'est-à-dire la végétation qui correspond le mieux aux potentialités écologiques de la station considérée ; dans le cas contraire l'évolution est régressive.

Ces modifications se traduisent à la fois sur le plan physiognomique, notamment par l'augmentation ou la réduction des strates, et floristique par des changements de la composition en espèces, (MUHASHY et *al.*, 2011).

Dans la subdivision phytogéographique de l’Afrique tropicale, la région de plateau de Batéké se situe dans la région Guinéo-congolaise, domaine congolais, secteur du Bas-Congo, (WHITE, 1986) in BASAULA, (1989). Toujours selon cette même source, cette végétation a fait l’objet de plusieurs études botaniques et phytosociologiques dont les principales sont celles réalisées par LEBRUN & GILBERT, (1954); MUAMBI (1968); COMPERE, (1970) et KALANDA, (1981). De ces études, nous pouvons dégager une synthèse qui permet de définir principalement trois formations végétales: la savane, la forêt et la végétation aquatique.

III.2.8.1 Végétation savanicole

Les savanes comprennent des savanes herbeuses à *Digitaria longiflora* et à *Hyparrhenia diplandra*, ainsi que des savanes arbustives à *Hymenocardia acida*, *Crossopteryx febrifuga*, *Annona senegalensis* et *Bridelia ferruginea* (Photo 1, 2 et 3) couvrent des vastes étendues.

III.2.8.2 Végétation forestière

Les fonds de vallées sont occupés par des galeries forestières qui longent les rivières Dualé et Lufimi. Ces forêts se caractérisent par des espèces comme *Millettia laurentii* (espèce surexploitée dans ces galeries forestières qui n’est restée qu’en souches touffues), *Pentacletra eetveldeana*, *Leptactina leopoldii*, *Hymenocardia ulmoides*, *Oncoba welwitschii*, *Rauvolfia manii*, *Macaranga spinosa*, *M. monandra*, etc. Malgré les efforts déployés pour la conservation des habitats et l’ensemble de la biodiversité par NOVACEL et GI-Agro, ces forêts sont assez souvent détruites par les feux et le défrichement. Lorsque ces menaces cessent, la reconstitution de ces habitats reste possible en beaucoup d’endroits, (MUHASHY, 2011).

III.2.8.3 Contact Savane-Forêt

En plusieurs endroits, les forêts sont directement adjacentes aux savanes. Ce carrefour d’habitats offre des conditions écologiques permettant l’installation et le développement d’une biodiversité riche; la flore est formée à la fois des plantes de savanes et de forêts, (MUHASHY, 2011).

III.2.8.4 Faune

On peut considérer que la faune potentielle qu'on pourrait trouver à Ibi-village est celle de la réserve de Bombo Lumene voisine. Il s'agit surtout des Buffles de savane (*Syncerus caffer*), Guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*), Sitatunga (*Tragelaphus spekei*), (MUHASHY, 2011). Des Potamochères, des Chacals, des Singes, des oiseaux. Cette faune fait l'objet de braconnages assez intensifs, même dans la réserve, (NOVACEL, 2009). On y note aussi la présence de rat-taupe (*Cryptomys mehowi*), un rongeur qui vit dans le sol ; connu sous le nom local de Pombofuko dans la province de Haut-Katanga, Tshibulebule dans la province de Kasai oriental (Mbujimayi) et Ikwe au plateau des Batéké, (KISASA et al., 2005). Des antilopes fréquentent également souvent la zone de contact entre la savane et la forêt (MUHASHY, 2011). La faune ornithologique y est très riche et variée, les perdrix sont les oiseaux les plus rencontrés le long de la route. Les feux de brousse fréquemment allumés dans la savane et la chasse constituent la cause principale de migration des animaux. Autrefois très présente dans la région, la grande faune (Buffles, Lions, etc.) a été décimée par la chasse. Même les petits herbivores sont en voie de disparition par suite de la chasse incessante dont ils font l'objet.

III.2.9 Sol de Kinshasa

La région de Kinshasa est occupée principalement par des Arenosols (plus de 80 % de la région). On y trouve localement des Acrisols et des Ferralsols dans la partie occidentale, (KASONGO, 2010). Les sols de plateau des Batéké sont homogènes au point de vue matériau parental appartenant au système du Kalahari. Ils sont constitués par des sables fins (50 à 60%) avec des faibles teneurs en argile (< à 11%). Il s'agit des sols à structure très fragile et donc très sensible à l'érosion. La faible capacité de rétention en eau accroît les risques d'érosion d'origine climatique, (SOZADIX, 1986) dans BASAULA, (1989). Selon cette même source, ces sols sont pauvres en calcium, magnésium, potassium et sodium. Les feux peuvent avoir un impact significatif sur les propriétés des sols principalement dans l'horizon de surface, (SENTE, 2011).

Chapitre IV: Matériel et Méthodes

IV.1. Matériel

IV.1.1. Matériel biologique

Les jeunes plants et les macroboutures de *M. laurentii* ont constitué l'essentiellement du matériel biologique de notre étude.

IV.1.2. Autres matériels

Pour arriver à mettre en place le dispositif expérimental, nous nous sommes servis de quelques matériels d'usage courant (Fig.8) à savoir: un **décamètre** pour limiter les placettes; **une machette** de marque **tramortina** pour couper et tailler les branches d'arbres et les macroboutures; **un pied à coulisse digital** de la marque Stainless Hardened, la mesure des diamètres des arbres au collet nécessite un équipement spécial (pieds à coulisse); nous l'avons utilisé en prenant 1 mm comme la plus petite division puis converti en cm avec la précision de 1/10^{ème} près; **un GPS (Garmin 60 Cx)** pour la prise des coordonnées géographiques du site; **un mètre ruban** pour mesurer la hauteur des jeunes arbres; **une houe** pour labourer les placeaux (Noyaux forestiers) et sarcler les layons; **un carnet** de terrain avec **un Stylo** et **un crayon** pour noter les mesures prises ainsi que d'autres informations. Une boussole du type DP10 Recta Patented pour la localisation de points cardinaux, un appareil de photo **Canon** et **un ordinateur** portable (ASUS) pour la saisie et le traitement de données avec de logiciels appropriés (Fig.8).



Figure 8: Matériels nécessaires utilisés pendant le travail

IV.2 Méthodes

Cette rubrique décrit les principales étapes ayant permis la conduite de l'étude sur le terrain et au laboratoire ; ceci regroupe un ensemble d'étapes qui sont le travail préliminaire (choix du sujet, élaboration de protocole, recherche bibliographique, etc.), la prospection et le choix du site d'étude, l'installation de la parcelle d'étude, la description du dispositif expérimental, la collecte des données, des variables ou paramètres dendrométriques, les conventions de mesure, l'évaluation et le traitement des données.

IV.2.1 Recherche bibliographique et planification de l'étude

La première étape a consisté à faire une recherche bibliographique (travaux divers sur la régénération forestière, etc.) et à identifier des personnes ressources susceptibles de fournir de la documentation et des informations relatives à notre étude. La deuxième étape a été consacrée à l'organisation et à la planification des activités de terrain avec les promoteurs de thèse qui ont bien voulu s'assurer de la bonne conduite de travaux en mettant à notre disposition l'essentiel du matériel requis.

IV.2.2 Choix de l'espèce

Pourquoi avons-nous sélectionné *M. laurentii* ?

Parce que *M. laurentii* est l'une des principales essences de la filière bois en RDC du fait des propriétés technologiques et esthétiques de son bois, (MENGA et *al.*, 2012). Elle est actuellement parmi les essences les plus exploitées dans le pays. Le volume d'exploitation est de l'ordre de 52.000 m³ après le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) (60.9010 m³) en 2007 (MECNT-FORAF, 2008) in (EBA'A et BAYOL, 2008), 73. 781,8 m³ en 2008 pour une valeur de 13. 087. 3937€ (MENGA, 2012) et 28.243 m³ en 2012 ont rapporté pour une valeur de 7.054.888 Million d'Euro (MECNT et *al.*, 2012).

Ses habitats sont donc très sollicités par les opérateurs forestiers et elle est, par conséquent, surexploitée, elle devient donc vulnérable, (MALELE, 2003). Son aire de distribution, aujourd'hui en régression, souffre d'un déficit de régénération naturelle comme d'autres essences exigeantes de lumière. Aucune solution crédible n'est actuellement apportée pour pallier la carence en régénération naturelle, (BOURLAND et *al.*, 2012).

Cette essence est actuellement largement utilisée, se révèle ainsi très intéressante pour la production de bois d'œuvre et de service, (DUPUY & N'GUESSAN, 1999).

M. laurentii est une espèce indigène caractérisant les rares et disparates îlots forestiers naturels qui subsistent encore à Ibi-village. Dans la forêt dense humide péruvienne sa densité dans des conditions naturelles n'est que de trois tiges par hectare alors qu'au niveau des placettes elle varie entre 3 à 13 tiges/ha, (MENGA, 2012).

Son bois dur, résistant aux champignons, aux termites et autres insectes et au feu de brousse est utilisé dans la fabrication de meubles. Elle est aussi une espèce à chenilles comestibles.

Avec sa couleur brun noir de chocolat au lait et ses fines veines claires, *M. laurentii* a un aspect tout à fait particulier.

C'est pourquoi il est fort convoité pour nombre d'applications décoratives, comme le parquet et l'ameublement. Du fait de sa durabilité naturelle élevée, et sa résistance à l'attaque aux insectes, aux intempéries, et grâce à ses propriétés mécaniques très intéressantes, *M. laurentii* est très prisé par les populations qui utilisent ses jeunes pieds pour la carbonisation, la construction, les perches etc. Ainsi elle offre aux populations locales en particulier, nationales et sous-régionales en général des potentialités écologiques et socio-économiques, (TAFOKOU, 2014).

Parmi les espèces qui nécessitent que des recherches supplémentaires soient menées dans le domaine de la régénération en général, figurent *M. laurentii* (LEMMENS et al., 2010). Partant de tous les avantages ci-haut décrits et comme aucune solution crédible n'est jusqu'ici envisagée pour pallier cet inconvénient du moins en RDC. Il nous est particulièrement temps que des recherches soient faites avant qu'il ne soit tard en vue de mettre au point des techniques, des méthodes de production et de récolte durable de *M. laurentii*, qui est menacée par la surexploitation destinée au marché international, (LEMMENS et al., 2010).

D'où le choix de cette espèce surexploitée et la nécessité de cette étude pour préserver, améliorer, renforcer sa densité et de proposer un modèle de sylviculture de cette espèce en danger d'extinction si des mesures appropriées ne sont pas prises immédiatement.

IV.3. Description de parcelles permanentes

Les parcelles permanentes comprennent quatre niveaux d'étude et concernent les aspects suivants :

- l'étude de la régénération de Wengé par la technique de **Noyaux Forestiers**;

- l'étude de la régénération de Wengé par la technique de **macroboutures** ;
- l'étude de la dynamique de la végétation par **effet de litière et de litière** dans la savane mise en défens;
- l'étude de l'évolution **de la température dans quatre écosystèmes** différents.

IV.3.1 La technique de Noyaux forestiers: Dans la présente étude le "Noyau Forestier" (NF) est l'unité élémentaire d'implantation de quelques individus d'arbres d'espèces différentes, susceptibles de pousser ensemble et de créer le plus rapidement possible un îlot forestier fermé capable de prendre le dessus sur les graminées de la savane, (NSIELOLO et *al.*, 2015). Cette stratégie de l'intervention humaine est basée sur le principe de la mise en place de placettes d'échantillonnages permanentes (PEP). Une placette d'échantillonnage permanente est une petite surface de peuplement forestier choisie, où l'on mesure périodiquement les caractéristiques du peuplement et de la végétation qu'il renferme, (PORTER et *al.*, 2001). Le dispositif expérimental de 4 hectares a été basé sur la mise en place de 36 NF/ha soit 144 NF au total. Chaque NF mesure 5m de côté soit 25m² comme dans le dispositif de N'ZALA et *al.*, (2005). Les 4 hectares ont été soumis à 4 types de traitements repartis de la manière suivante: dans le premier hectare 1 pied de Wengé situé au centre est entouré de 8 pieds d'*Acacia mangium* et 24 pieds de manioc (W+A+M) soit au total 36 Wengé, 288 pieds d'*A. mangium* et 864 pieds de manioc ; nous qualifions le Wengé ainsi disposé comme étant à l'ombre. Le deuxième hectare comprend 1 pied de Wengé localisé au centre entouré de 8 pieds d'*A. mangium* (W+A) soit un total de 36 Wengé et 288 *A. mangium*, le Wengé est considéré à semi-ombrage. Le troisième hectare (W+M) comporte un pied de Wengé à chaque centre de NF entouré de 24 pieds manioc, le Wengé est qualifié à semi-ombrage au départ puis en pleine lumière après la récolte de manioc et en fin le quatrième hectare qui est le témoin, comporte un pied de Wengé (W) seul au centre de chaque NF. Le choix d'un tel dispositif expérimental et des différentes interventions ; comme le souligne DETIENNE et *al.*, (1998) est d'évaluer la capacité de réaction des peuplements soumis à différentes traitements. Le choix d'*A. mangium* pour servir de guide à la croissance de *M. laurentii* a été justifié par le fait que, cette espèce possède des grandes potentialités agroforestières qui peuvent être utilisées en association au sein des cultures, (DUPUY et *al.*, 1991) in GALIANA et *al.*, (1996).

Ce genre de cultures en association (Acacia & manioc) est une initiative récente de plantation d'acacias à Ibi-village à proximité de Mampu pour la fixation de Carbone, (PELTIER et *al.*, 2010), par la société NOVACEL. *Acacia mangium* connaît également une utilisation croissante pour la réhabilitation des sols dégradés et pauvres en azote minéral en raison de son aptitude à fixer l'azote atmosphérique, (GALIANA et *al.*, 1996), comme cela est le cas au plateau des Batéké, et fournit aussi au sol une biomasse foliaire importante dont la décomposition est rapide après la coupe des arbres. Elle est par ailleurs une essence pionnière par excellence à croissance rapide et légumineuse (fixatrice d'azote atmosphérique) qui produit une excellente litière, (FONTON et *al.*, 2002; MARTIN, 2004).

Dans le même ordre d'idée, il s'avère que les jachères d'Acacia améliorent significativement les teneurs en carbone organique, et en azote et la somme des cations basiques. Les plantes d'Acacia constituent la source principale de matière organique, augmentent le carbone organique et l'N, et diminuent le rapport C/N jusqu'au niveau optimal, (KASONGO, 2010). Ces plantations à espèces à croissance rapide du genre *Acacia* sont destinées dans une première étape, à couvrir rapidement le sol, à créer une ambiance forestière et ainsi à favoriser l'installation d'autres espèces, (MCNT et *al.*, 2010). Le choix de manioc a été justifié par le fait que, c'est l'aliment de base des populations locales et ensuite par ce que, sarclé il empêche des adventices de cultures dans les noyaux ; leur plantation en intercalaire, garantit l'entretien des arbres et la protection contre les incendies. Pour assurer l'accès dans le dispositif, chaque hectare a été subdivisé en quatre quadrants de 50 x 50 m, soit 2500 m² séparés par des layons de 1m de largeur ; les 4 ha ont été numérotés de 1 à 4 et les noyaux forestiers de 1 à 36 par hectare (Fig.9). La distance entre chaque noyau forestier dans un hectare est de 12 m et 7 m du layon de bordure. Chaque noyau forestier est sensé converger vers d'autres noyaux en vue de former un îlot forestier, (NSIELOLO et *al.*, 2015). Le labour des noyaux forestiers a été fait manuellement pour épargner certains ligneux pré existants, et ultérieurement ceux qui seront installés. Grâce à l'effet de lisière combiné à l'effet de litière, ces petits noyaux forestiers sont sensés converger rapidement pour former après une dizaine d'années, une forêt continue à *M. laurentii*, essence jadis typique des forêts naturelles du Plateau des Batéké.

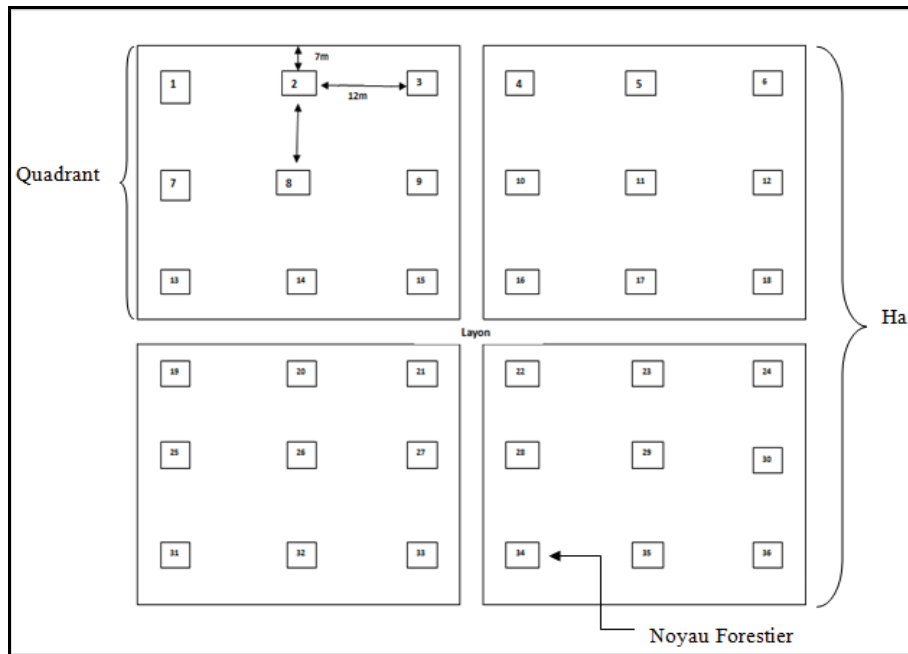


Figure 9: Dispositif expérimental sur 1 ha pour la régénération assistée de *M. laurentii*

Les jeunes plantes de Wengé que nous avons utilisées dans les NF proviennent des pépiniéristes d'Ibi-village et ses environs ; mais nous avons eu à faire quelques essais de semis direct dans le but d'étudier le développement et la morphologie du système racinaire des plantules issues de sachets, de semis directs et de macroboutures.

IV.3.1.1 Densité et nombre de noyaux forestiers par hectare

- *Critères* : la distance entre NF est de 12 m soit 6 m de chaque côté du NF (Fig.9) ;
- *Grandeur du NF* : avoir le NF le plus petit possible soit 5 m de côté avec un Wengé entouré d'essences à croissance rapide (*A. mangium*).
- *Nombre de NF* : Avec 36 NF de 25 m² sur une surface de 900 m² soit 9 % de la surface totale, de manière à travailler d'une façon efficiente. Les principaux critères des noyaux forestiers sont la superficie, la densité et la composition floristique.

IV.3.2 La technique de macroboutures

Le macrobouturage est une technique de multiplication végétative, en opposition à la multiplication sexuée. Elle consiste à prélever sur un végétal, dit pied-mère, un organe ou un fragment d'organe, que l'on placera dans un milieu propice à son développement racinaire afin qu'il se régénère, dans l'objectif de reconstituer une plante entière fonctionnelle,

(BOUTHERIN & BRON, 2002) dans KAVANGU, (2013). La multiplication par bouturage conduit à une reproduction fidèle du pied-mère, puisque les boutures seront génétiquement identiques, (UDO, 2011).

Le bouturage se fait par dédifférenciation cellulaire au niveau du méristème. Le bouturage peut être naturel ou artificiellement provoqué par les jardiniers amateurs ou en pépinière.

Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé la méthode directe de la multiplication végétative, basée sur l'observation de bourgeonnement et la croissance en diamètre au collet des boutures de *M. laurentii*. Notre investigation a été faite en trois phases qui sont :

- l'installation du dispositif expérimental ;
- la recherche des macroboutures de Wengé dans la savane herbeuse et dans les îlots forestiers d'Ibi- village suivi de leur plantation et
- la prise de données répétitives.

IV.3.2.1 Préparation des macroboutures

La préparation des macroboutures s'est effectuée selon quatre modalités conformément au protocole de recherche élaboré en se basant sur les différentes hauteurs des macroboutures. Ainsi chaque traitement a correspondu à une hauteur donnée. L'approche utilisée est similaire à celle de VAN DER POEL *et al.*, (1990) préconisant des boutures de 50 cm de long et 3 à 5 cm de diamètre, enfouit dans le sol à 15 cm environ. Pour notre cas, les macroboutures ont été enfouies dans le sol à 30 cm à cause de la qualité du sol sableux du plateau des Batéke.

Le dispositif expérimental (Fig. 10) a été constitué d'un quart d'hectare soit 50 m de côté, divisé en quatre quadrants. Chaque quadrant a 25 m de côté séparé des quadrants voisins par un layon d'un mètre. Ces petites unités de surface ont été choisies en fonction de la disponibilité des macroboutures de *M. laurentii*.

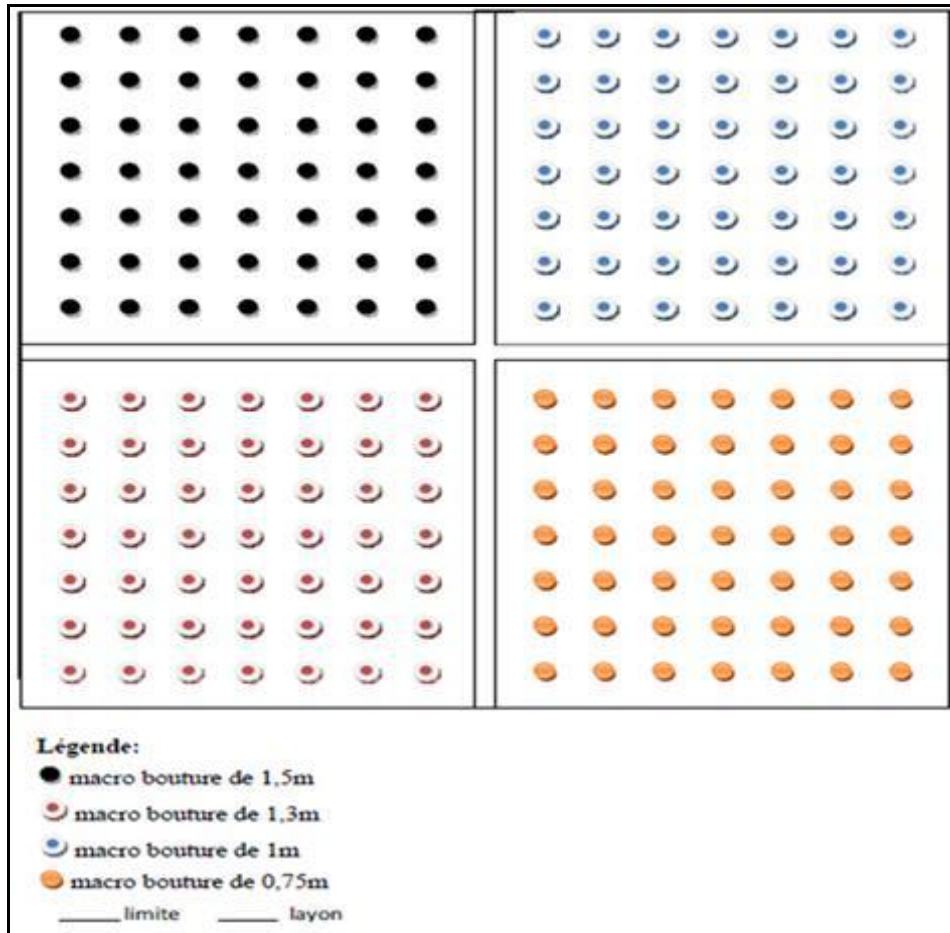


Figure 10: Dispositif expérimental de macroboutures

Les jeunes macroboutures utilisées sont des tiges dépourvues de feuilles et de ramifications. Elles ont été sélectionnées et coupées à l'aide de machette sur des touffes sauvages qui correspondent au recru après coupe de gros individus (taillis), il y a plusieurs dizaines d'années. La mise en place des macroboutures s'est faite directement en savane arbustive non modifiée mais mise en défens contre le feu. Le dispositif a été mesuré à l'aide de décamètre ruban, les poteaux en bois ont servi de repères (Photo 8.a). En octobre, période des pluies abondantes sur le plateau des Batéké, le sol est suffisamment humide. En plantant les macroboutures à 30 cm de profondeur soit en contact avec la partie du sol profond, ceci facilite aux macroboutures de développer un enracinement important. Dans les essais, nous avons reparti les macroboutures en 4 traitements ci-après : T₁ (1,50 m), T₂ (1,30 m), T₃ (1,00 m) et T₄ (0,70 m) :

- **le Premier traitement (T₁)** a été constitué de macroboutures de *M. laurentii* de 1,5 m de hauteur au dessus du sol ;
- **le second traitement (T₂)** a été composé de macroboutures de 1,3 m au-dessus du sol ;
- **le troisième traitement (T₃)** de a été constitué de macroboutures 1 m de hauteur au dessus du sol et
- **le quatrième traitement (T₄)** a été compris de macroboutures de 0,75 m.

Les macroboutures ont été disposées en 7 lignes et 7 colonnes (Photo.8.b), avec un écartement de 3x3 m, ce qui représente 49 macroboutures dans chaque quadrant, soit un total de 196 macroboutures sur une surface d'un demi-hectare. Durant le transport, nous avons pris soin de réduire au maximum les stress comme le recommandent, (BELLEFONTAINE et *al.*, 2011) ; prenant précaution contre les blessures et leur exposition en position verticale. Les observations qui ont été menées sont de deux types comme dans l'étude réalisée par OUEDRAOGO, (1998) :

- appréciation de l'adaptabilité et de la vigueur des plants par des comptages de plants vivants et des mesures de diamètres au collet, de la macrobouture à l'aide d'un pied à coulisse ;
- suivi morphologique et comptage de nombre de pousses (rejets) pour chaque macrobouture.

Le système racinaire de trois pieds de *M. laurentii* issu de semis direct (1), de plante en sachet (2) et de macrobouture (3), a été étudié dans le but d'observer au point le comportement morphologique des parties souterraines et aériennes, la vigueur et la croissance des plants issus de ces différentes techniques.



Photo 8: a) Délimitation du dispositif d'étude et de l'espace, b) Plantation des macroboutures de *M. laurentii* en savane mise en défens à Ibi-village.

IV.3.2.2 Avantage de boutures

Le bouturage offre, par rapport au semis direct, d'énormes avantages. Non seulement on reproduit fidèlement la plante désirée (couleur de fleur, formes des feuilles, résistance aux parasites, rythme de croissance) mais surtout le bouturage permet d'obtenir beaucoup plus rapidement des plantes au tronc remarquable et de multiplier à grande échelle une variété, (DUPUY *et al.*, 1999) et en plus de produire des individus qui gagnent le dessus sur les graminées. Le bouturage direct sur le terrain permet des économies d'argent et minimise le temps de travail. Le problème majeur de cette méthode de multiplication est l'approvisionnement en boutures, (YOSSI *et al.*, 2006).

IV.3.4 Etude de la dynamique de la végétation par Effet de litière et de lisière

Le terme "lisière" est employé pour désigner une limite, un interface, la zone de transition entre deux habitats adjacents qui diffèrent sur un ou plusieurs aspects, l'écotone, le gradient, la zone de transition ou encore la bordure, (CADENASSO *et al.*, 2003a; YARROW & MARIN, 2007; FORMAN, 1995; FAGAN *et al.*, 2003; HARPER *et al.*, 2005) in AUDREY, (2010). Il est également la zone de transition écologique entre deux écosystèmes (par exemple entre forêt et prairie) ce qui leur confère un rôle important dans les chaînes écologiques et la diversité spécifique, (MAIER, 2009). Il se rapporte dans le cas d'espèce, à l'espace qui sépare deux écosystèmes adjacents en l'occurrence entre 2 placeaux voisins. Un placeau et un fragment résiduel de galerie forestière ou cette dernière avec la savane mise en défens. L'influence de la lisière, c'est-à-dire l'effet des processus qui se produit à la lisière et se traduit par des différences sur la composition, la structure ou les fonctions de l'écosystème, nous a permis de définir une profondeur de l'effet lisière comme la distance depuis le noyau forestier vers l'intérieur de l'habitat adjacent où un effet de lisière est perceptible. Cette distance de l'effet de lisière varie selon les auteurs allant de quelques mètres et jusqu'à quelques centaines de mètre (HARPER *et al.*, 2005; BROADBENT *et al.*, 2008) in DOPOUEY et BERGES (2010). D'après HELLMUND *et al.*, (2006) in MAIER, (2009); il peut aller jusqu'à cinquante mètres, 12 mètres pour (QUIBLIER, 2007) in MAIER (2009) et 5 à 7 mètres pour De FORESTA (1990). Nous avons ainsi choisi la distance la plus proche dans notre expérience entre les noyaux forestiers (12 m), de façon que le contact entre les noyaux forestiers et la savane ait une distance de 6 mètres avec l'ombre d'*A. mangium* (Fig.9 et 11).

La litière par contre est l'ensemble des débris végétaux qui tombent des arbres qui se dégradent et qui s'entassent d'année en année pour former une couche qui repose sur le sol. Elle représente dans cette étude l'ensemble de débris végétaux et l'ombre des *A. mangium* qui ont permis le développement d'autres essences sciaphylles dans les noyaux forestiers. Cette approche utilisée dans de nombreux travaux a permis de définir et de caractériser la typologie de différentes stations (BECKER, 1982; GARBAYE et *al.*, 1970; LEGOFF, 1982; ABBAS et *al.*, 1985a; ABBAS et *al.*, 1985b; COUHERT et DUPLAT, 1993; BOISSEAU, 1996) in DALILA et *al.*, (2011).

Pour étudier l'effet de litière et de lisière (Fig.11), nous avons inventorié l'évolution floristique de 32 relevés qui ont servi des unités d'inventaires phytosociologiques sur des placettes de 5x5 m dans la savane témoin (parcourue annuellement par le feu de brousse) et dans une savane mise en défens depuis deux ans: à l'ombre de noyaux forestiers (effet de litière) et dans la lisière située entre deux noyaux forestiers (effet de lisière) soit un total de 128 relevés. Leur analyse a porté principalement sur la comparaison entre les zones en interaction (savane témoin, savane mise en défens, noyaux forestiers et lisière de ces derniers), sur base de la composition et la richesse floristique, la régénération forestière ainsi que l'identification d'espèces pouvant jouer le rôle de facilitation, de compétition ou de la régénération forestière, (BARARUNYERETSE et *al.*, 2012).

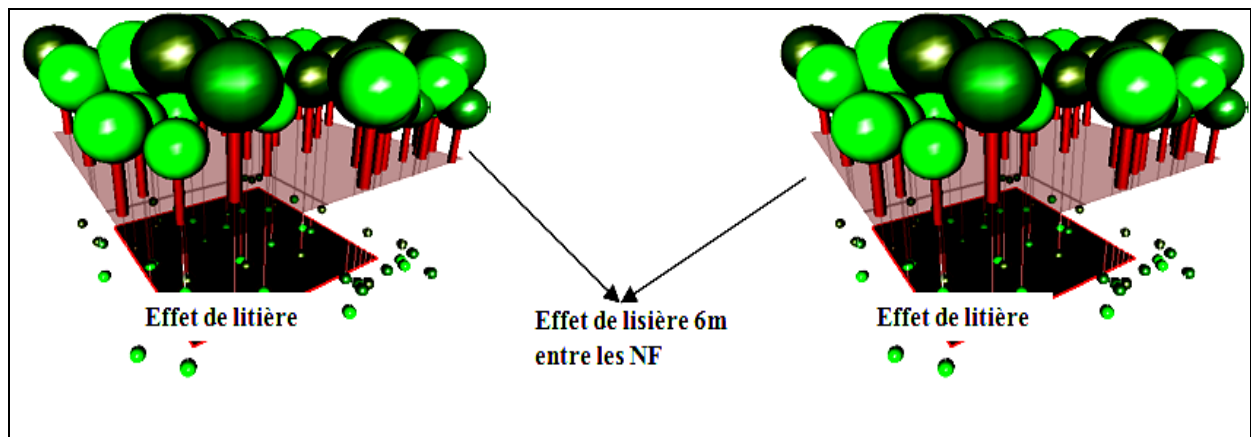


Figure 11: Etude de l'effet de lisière entre les NF et de litière à l'intérieur des NF

Source: Picard (2007) adaptée

IV.3.5 Etude de l'évolution de la température dans quatre écosystèmes

Quatre abris portant chacun un thermomètre ont été installés à une hauteur de 1,3 mètre du sol, dans quatre écosystèmes différents (Photo 17). Il s'agit de la savane témoin (1), savane mise en défens (2), lisière (3) et forêt (4) dans le but d'étudier d'une part l'évolution de la température dans ces quatre milieux et d'autre part de dégager le changement induit par l'effet de la mise en défens après deux ans. Les coordonnées géographiques de chaque abri ont été prélevées à l'aide d'un GPS Garmin 60 Cx. Les données ont été prélevées pendant quatre mois (avril, mai, septembre et octobre 2013); l'écart observé entre le mois de mai et d'octobre se justifie par la difficulté ci-haut évoquée (la prise en otage régulièrement des abris par les abeilles). Les observations se sont faites trois fois par jour: à 7h00 du matin, 12h00 et 17h00; une moyenne journalière a été ensuite calculée.

IV.4 Collecte des données

Pour les noyaux forestiers, après la plantation en janvier 2011, au temps t_0 le diamètre au collet et la hauteur de chaque plantule ont été prélevés. Les mensurations périodiques ont commencé en juin 2011 jusqu'en décembre 2013 à intervalle de six mois, puis le 29 juillet 2015 pour les dernières observations de terrain.

Pour les macroboutures, la hauteur étant connue pour chaque traitement (1,50; 1,30; 1 et 0,75 m) nous avons mesuré seulement pour chaque traitement la croissance en diamètre au collet et le bourgeonnement émis. Cette dernière mesure est destinée à déterminer le meilleur traitement en fonction du nombre de bourgeons vivants émis, car on présuppose que plus il y a un taux de bourgeonnement élevé, plus vite il y aura un recouvrement important dominant les graminées.

A l'intérieur de chaque traitement, les opérations suivantes ont été effectuées à chaque prise de données:

- mesure de diamètre de la macrobouture au collet;
- comptage de bourgeons sur la macrobouture;
- mesure du niveau d'apparition de bourgeons (la base, le sommet et le milieu) ou sur la macrobouture entière.

IV.5. Paramètres dendrométriques

Etymologiquement la dendrométrie est le procédé de mesure des arbres. Elle a pour objectif d'estimer plus précisément possible la taille, la forme et le volume d'arbres des forêts naturelles ou planter. Elle a en outre, pour second objectif l'étude de la dynamique des arbres en peuplement, à savoir : l'évolution dans le temps de la taille, de la forme et du volume de populations d'arbres appartenant à la même espèce ou à des espèces différentes sur un même site, (Mémento du forestier, 1989). Pour chaque individu, les paramètres dendrométriques utilisés sont : le diamètre et la hauteur de la plantule.

En ce qui concerne l'effet de litière et lisière, les observations ont concerné l'évolution de la composition floristique la densité, la structure et la diversité des nouvelles espèces ligneuses ; la densité d'une espèce correspondant au nombre de pieds appartenant à l'espèce par unité de surface (BADJI et al., 2013). Afin de procéder à l'analyse de la composition du peuplement, les indices suivants ont été utilisés (REITSMA, 1988; LEJOLY, 1993) in DOUCET, (2003) :

$$\text{- Fréquence relative (FRR)} = 100 \times \frac{\text{Fréquence d'une espèce}}{\text{Total des fréquences de toutes les espèces}}$$

La fréquence d'une espèce correspond au nombre d'unités d'échantillonnage contenant cette espèce.

$$\text{- Densité relative (DIR)} = 100 \times \frac{\text{Nombre d'espèces au sein d'une famille}}{\text{Nombre total d'espèces}}$$

L'effectif (aussi appelé fréquence absolue) de la modalité x_i est noté n_i et désigne le nombre d'individus de la population présentant la modalité x_i . L'effectif total de la population est alors : $n = n_1 + n_2 + \dots + n_r$ soit $n = \sum_{i=1}^r n_i$

IV.6 Taille de l'échantillon

Selon l'École Nationale des Eaux et Forêts du Cap ESTERIAS, (2006), un échantillon de 50 à 100 arbres est suffisant pour effectuer une étude d'essence dans une région donnée. C'est aussi valable à notre étude dont le nombre pieds de *M. laurentii* dans les noyaux forestiers est de 144 individus, 196 individus de macroboutures et 132 espèces identifiées en étudiant l'effet de litière et de lisière.

IV.7 Techniques et analyse des données

Les espèces végétales inventoriées ont été identifiées à l'aide des clés de LEBRUN et *al.*, (1991, 1992, 1995 et 1997; PAUWELS 1982, 1993 et MUHASH et *al.*, 2011). Pour les individus multicaules, la touffe a été considérée comme un seul individu. Les logiciels qui ont été utilisés pour les analyses des données sont:

- World pour la saisie du texte;
- Excel pour le pré traitement des données;
- Arc Gis 9.3 pour la cartographie;
- Paste 2.01 pour l'analyse de la variance (anova) en utilisant les statistiques de NETER et *al.*, (1996) et RAMOUSSE et *al.*, (1996), in <http://www.cons-dev.org/elearning/stat/parametrique/5-3/5-3.html>

avec :

$$\text{Moyenne de carré} = \frac{\text{Somme de carré}}{\text{ddl}}$$

$$F = \frac{\text{Carré moyen de traitement}}{\text{Carré de l'erreur}}$$

ddl entre traitement= N-1,

ddl à l'intérieur de traitement = n. (N-1)

$\alpha=0,05$

t_{α} =Valeur tabulée de student \rightarrow seuil α avec d.d.l correspondant à l'intérieur des traitements.

n=nombre d'essais

F = Variance entre groupes/Variance à l'intérieur de groupes.

$$\text{Coefficient de variation (CV)} = \frac{100 * \delta}{\mu}$$

Deux hypothèses ont été mises, à savoir (H0) est que tous les traitements ont la même moyenne, l'hypothèse alternative (H1) est qu'au moins l'un d'eux a une moyenne sensiblement différente des autres. L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode d'analyse multivariée avec de nombreuses applications dans différents champs disciplinaires. Elle a été utilisée pour regrouper plusieurs variables en composantes synthétiques, (McCune et *al.*, 2002) in ALIGNER (2010).

Le taux de mortalité est le rapport de la densité des arbres constatés morts l'année n sur la densité des arbres adultes dont la circonférence l'année n-1 est supérieure à la circonférence de recrutement (DETIENNE et *al.*, 1998); il a été déterminé par la formule:

$$\text{Taux annuel (\%)} = 100 \times \left[1 - \left(\frac{N_t}{N_0} \right)^{(1/t)} \right]$$

avec t = durée de la période de calcul.

N_0 = effectif de départ.

N_t = effectif des survivants de la population de départ après t années.

L'accroissement annuel sur le diamètre tel que déterminé par DETIENNE et *al.*, (1998) est la différence entre le diamètre l'année n et le diamètre l'année n-1 d'un arbre donné ; la moyenne est calculée d'une année sur l'autre, pour la population considérée (traitement et classe de diamètre). La diversité spécifique des différentes formations végétales a été évaluée à l'aide des richesses spécifiques déterminées selon DJEGO et *al.*, (2012). De même, d'autres indices comme celui de diversité de Shannon (H), de Simpson (1/D) et de Berger-Parker (1/d), l'équitabilité de Pielou (E) et la richesse spécifique effective (N) ont été calculés.

L'indice de diversité de Shannon noté H est exprimé en bits, il est calculé par la formule :

$H = - \sum p_i \cdot \log_2 p_i$ avec $p_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$ p_i = fréquence relative des individus de l'espèce i; n_i = recouvrement moyen des individus de l'espèce i ; n = recouvrement total des individus de la formation végétale. Il permet d'évaluer la diversité des espèces végétales. La diversité est faible lorsque $H < 3$ bits, moyenne si H est compris entre 3 et 4 bits, puis élevée quand $H \geq 4$ bits. Le milieu est peu diversifié quand H est faible et relativement diversifié en espèces quand H est fort.

L'équitabilité de Pielou (E) correspond au rapport entre la diversité obtenue et la diversité maximale. Il exprime la régularité ou l'équitable répartition des individus au sein des espèces. Il est donné par la formule :

$$E = \frac{H}{\log_2 S}$$

S désigne la richesse spécifique.

L'équitabilité est faible lorsque $E_q < 0,6$; moyenne quand E_q est compris entre 0,6 et 0,8 et élevée si $E_q \geq 0,8$. Si E est faible, on conclut que peu d'espèces concentrent la majorité des individus du milieu. Lorsque E est élevé, on déduit que le milieu n'est pas spécialisé et donc

les individus sont bien répartis au sein des espèces. Si H et E sont faibles, alors le milieu est homogène et spécialisé. La richesse spécifique effective (N) indique le nombre d'espèces responsables de la diversité observée. Elle est donnée par la formule : $N = 2^H$, 2 désigne la base du logarithme utilisé pour calculer l'indice de diversité de Shannon H. L'indice de dominance de Simpson (D) rend compte du biais induit par l'abondance de certaines espèces. Il est calculé par la relation :

$$D = \sum_{i=1}^S P^2_i$$

Pi = fréquence relative des individus de l'espèce i. Son inverse 1/D exprime la diversité et varie de 1 à la diversité spécifique S. L'indice de dominance de Berger-Parker (d), est calculé

par:
$$d = \frac{N_{\max}}{N}$$

N_{\max} = recouvrement de l'espèce la plus abondante; N = recouvrement total de toutes les espèces. Son inverse (1/d) désigne l'indice de diversité selon Berger-Paker.

Les indices de mortalité (Im) et de régénération (Ir) ont été déterminés par la méthode de BARARUNYERETSE (2012) en utilisant les formules suivantes :

$Im = \frac{nm}{nv}$ avec **Im** l'indice de mortalité, **nv** le total d'individus vivants et **nm** le total d'individus morts de l'espèce i.

$Ir = \frac{nj}{na}$ avec **Ir** l'indice de régénération, **nj** le total d'individus jeunes et **na** le nombre total d'individus âgés de l'espèce i.

IV.8 Difficultés rencontrées

Un certain nombre de difficultés ont été rencontrées pour la réalisation de ce travail, parmi elles nous pouvons citer: l'arrivée tardive des frais de recherche pour effectuer les descentes sur terrain au moment prévu. Nous avons contourné cette difficulté en utilisant nos moyens personnels. Les perturbations des saisons qui ont quelques fois eu de l'impact sur les dates de semis, le feu de brousse, ennemi premier en matière de redoisement et de la régénération a constitué une menace sérieuse. L'arrosage des plantes situées à plusieurs centaines de mètres de point d'eau pendant la saison sèche, l'attaque régulière des abris météorologiques par les abeilles, le broutage de Wengé par les antilopes pour ne citer que celles-ci.

Troisième partie: Résultats et Discussions

Chapitre V: Résultats

Les résultats de notre étude sont présentés à cinq niveaux repartis de la manière suivante :

- évolution de *M. laurentii* dans les noyaux forestiers ;
- étude de la régénération de *M. laurentii* par macroboutures ;
- étude de système racinaire de *M. laurentii* ;
- étude de l'effet de lisière et de litière ;
- évolution de la température dans quatre écosystèmes voisins.

V.1. Évolution de *M.laurentii* dans les noyaux forestiers

Cette partie des résultats fait l'objet d'une publication sur l'essai de plantation de *Millettia laurentii* De Wild. (Wengé) dans les savanes herbeuses du plateau des Batéké à Ibi-village/RD Congo par Ruffin NSIELOLO KITOKO¹⁻², Jean LEJOLY³, and Jules ALONI KOMANDA⁴ dans la revue internationale des sciences et technologie "Afrique Sciences" 11(5) 447 – 458, soumis le 14 juin 2015, accepté le 11 septembre 2015.

V.1.1 Étude de la croissance en hauteur totale de *M.laurentii* dans les noyaux forestiers

L'étude de la croissance en hauteur de *M.laurentii* dans les noyaux forestiers a été effectuée sur une période de 55 mois allant de janvier 2011 en juillet 2015. La hauteur totale d'un arbre est la longueur de la ligne droite joignant le pied de l'arbre (niveau du sol) à l'extrémité du bourgeon terminal de la tige, (Mémento du forestier, 1989).

V.1.1.1 Croissance en hauteur de *M. laurentii* de 0 à 55 mois dans les noyaux forestiers à Ibi-village

En janvier 2011, c'est le début de notre expérience, toutes les plantules à la plantation sont presque de même âge, leur hauteur moyenne est de 25 cm avec quelques variations au niveau des écart-types, aucune différence significative n'a été notée entre les quatre traitements (P=0,99). En juin 2011, les jeunes plantes de *M. laurentii* ont 6 mois de vie, elles sont à l'ombre des Acacia et des Manioc dans T1 (W+A+M), dans les conditions de semi ombrage dans T2 (W+A) et T3 (W+M) et en pleine lumière dans T4 (W).

Tableau 2: Effet de l'ombrage sur l'évolution en hauteur moyenne de plantules *M.laurentii* dans les noyaux forestiers de 0 à 55 mois à Ibi-village

Traitements	Années	2011			2012		2013		2015
	Mois	Janvier	Juin	Décembre	Juin	Décembre	Juin	Décembre	Juillet
	Age (mois)	0	6	12	18	24	30	36	55
	N	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
T1 (W+A+M)	36	25,2±5,4 ^a	45,4±13,1 ^a	68,2±24,7	93,9±34,4	121±37,6	168,1±47,5	204,3±66,3 ^a	289,9±75,1 ^a
T2 (W+A)	36	25,2±7,3 ^a	34,5±14,1 ^b	53,2±19,3	87,9±28,6	114,2±36,1	163,1±53,5	194,1±64,3 ^a	272,3±79,8 ^a
T3 (W+M)	36	25,4±5,9 ^a	33,5±8,1 ^b	45±13,8	66,3±25,3	89,6±33,7	132,7±50,7	156,1±54,7 ^b	229,2±62,1 ^b
T4 (W)	36	25,0±8,9 ^a	21,5±11,4 ^c	30,7±12,1	41,1±15,0	65,1±22,3	107,1±37,0	132,3±45,5 ^c	199,6±47,3 ^c

W: *M. laurentii* (Wengé); A: *Acacia mangium*; M: Manioc; a: Différence non significative; b,c et d: Différence significative au seuil de probabilité 5%

En juin 2011, dans les combinaisons T1 (W+A+M), *M. laurentii* sous l'effet de l'ombrage, elle présente une croissance moyenne en hauteur plus élevée soit 45,4cm±13,1 que dans les traitements à semi ombrage T2 (W+A) et T3 (W+M) avec des moyennes respectives de 34,5cm±14,1 et 33,5cm±8,1 contre 21,5cm±11,4 pour T4 en pleine lumière. Les moyennes de croissance en hauteur montrent qu'il existe une différence significative (P=0,00) entre les 4 traitements dû à l'effet de l'ombrage qui oblige l'arbre à filer lors sa croissance, mais aucune différence significative entre T2 et T3 par contre une différence significative a été enregistrée entre T3 et T4 qui est en pleine lumière. A la fin de la deuxième année (décembre, 2012), 24 mois après la plantation, la moyenne de croissance en hauteur a atteint 121cm±37,6 en T1, 114,2cm±36,1 pour T2. Par contre, dans T3 (W+M) où *M. laurentii* est en condition de semi ombrage sous manioc en première année puis en pleine lumière après récolte de manioc en août 2012, la moyenne de croissance vient en troisième position avec

89,6cm±33,7, alors qu'en T4 (W) où *M. laurentii* a toujours été en pleine lumière, depuis l'origine, sa moyenne de croissance en hauteur est seulement de 65,1cm±22,9, donc nettement inférieurs par rapport aux autres traitements. A la fin de la troisième année (décembre 2013) les croissances moyennes en hauteur deviennent importantes entre les traitements: elles sont de 204,3cm±66,3 et de 194,1cm±64,3 pour T1 et T2, de 156,1cm±54,7 pour T3 tandis que T4 double la hauteur avec 132,3cm±45,5.

On remarque en même temps que les écarts types sont élevés et représentent environs 30% de la moyenne pour les périodes de mesures après la plantation. L'analyse de la variance a été utilisée en décembre 2013 pour tester les données afin de vérifier si les différences de variation dans chaque traitement s'écartent de manière significative ou non significative. Il ressort de ce test statistique que la variance entre groupes est nettement supérieur à la variance à l'intérieur de groupes (40370,9>3397,8).

Les moyennes de croissance en hauteur sont donc significatives entre les 4 traitements (P=0,00), sous l'effet de l'ombrage, par ailleurs, aucune différence n'a été observée entre T1 et T2 (P=0,5), par contre une différence significative a été notée entre T3 et T4 (P=0,04). En Juillet 2015, les plantes ont 55 mois de vie, ces mesures nous ont permis d'avoir les dernières tendances de terrain; il ressort de ces observations que les moyennes de croissance en hauteur s'écartent de façon significative entre les 4 traitements (P=0,00), la somme de carré à l'intérieur des groupes est une fois et demi plus grande qu'entre les groupes (60524,2>4525,9).

Ce qui justifie une moyenne de croissance en hauteur hautement supérieur dans T1 (289,9±75,1cm) que dans les 3 autres traitements (T1, T2 et T4). Aucune différence significative n'a été enregistrée entre T1 et T2 (P=0,33), cependant, une différence significative a été observée entre T2 et T3 (P=0,01) et entre T3 et T4 (P=0,02).

V.1.1.2 Mortalité et ramification de pieds de *M. laurentii* par traitements

Les résultats de nombre des pieds morts et ramifiés de *M. laurentii* de 55 mois par traitement sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3: Mortalité et ramification de pieds de *M. laurentii* par traitements (N=36) à Ibi-village

Traitements	Nombre de pieds morts avant 6 mois	%	Nombre de pieds ramifiés en juillet 2015	%
T1	12	33	8	22
T2	19	53	12	33
T3	23	64	17	47
T4	28	78	20	56
Total	82	-	57	-

Au regard des résultats du tableau 3, *M. laurentii* en pleine lumière se ramifie plus vite que son voisin qui évolue à l'ombre et semi ombre soit 56% pour T4 contre 22% pour T1 et 33% pour T2. Le taux de mortalité est élevé en plein air 78% pour T4 et moins élevé à l'ombre 33% pour T1. Les causes de cette mortalité ont été attribuées d'une part à la petite saison sèche habituelle de mi-janvier à février et au broutage des jeunes feuilles et bourgeons apicaux par les antilopes.

V.1.1.3 Distribution de classes des hauteurs de *M. laurentii* de 55 mois à Ibi-village en juillet 2015, (n=36)

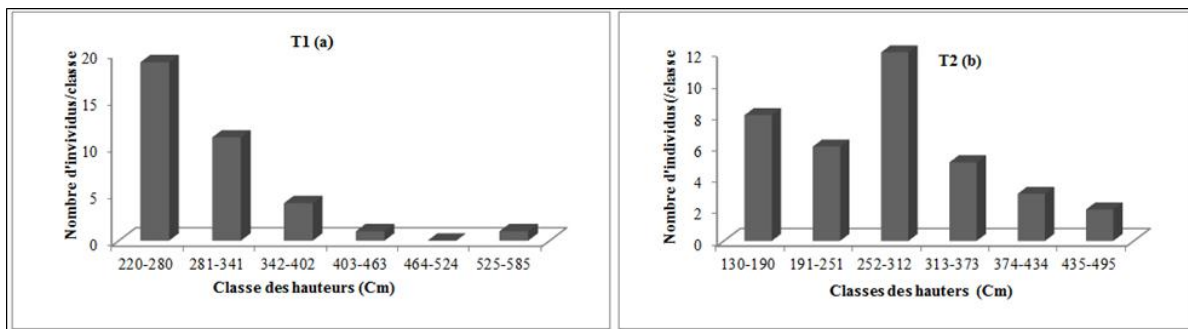


Figure 12: Classes des hauteurs (cm) de *M. laurentii* de T1 et T2 en juillet 2015

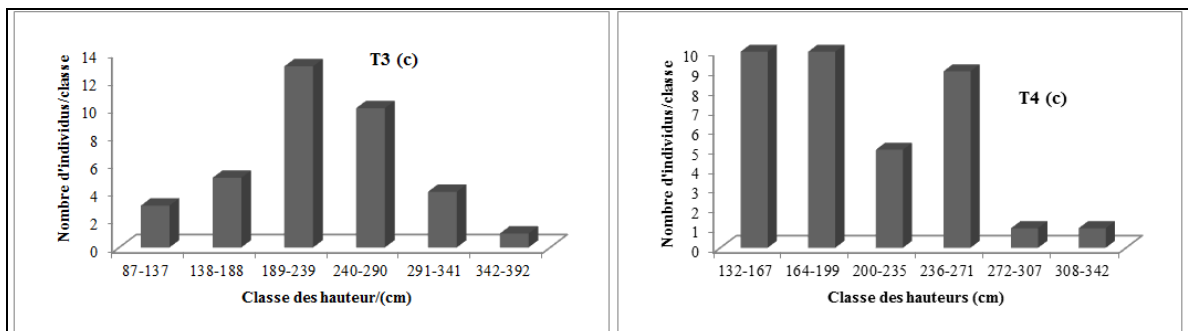


Figure 13: Classes des hauteurs (cm) de *M. laurentii* de T3 et T4 en en juillet 2015

En juillet 2015, les individus de chaque traitement ont été repartis en 6 différentes classes des hauteurs avec les intervalles différents, ceci c'est dans le but d'éviter le nombre des classes différentes entre les traitements : dans le premier traitement (T1: W+A+M), les classes des hauteurs à intervalle de 60 cm ont donné 6 classes (Fig.12.a). Dans ce traitement, le maximum d'individus soit 53 % soit 19 individus se trouvent dans la première classe entre 220-280 cm, suivi de la deuxième classe comprise entre 281-341cm avec 30 % soit 11 individus. La troisième classe a 11% soit 4 individus, viennent en suite la quatrième classe et la sixième classe qui ont un individu pour chacune soit 3%, pour terminer avec la cinquième classe qui n'a aucun individu. Dans le deuxième traitement (T2: W+A), les individus ont été repartis également en 6 classes avec intervalle de 60 cm. Les classes regroupant le maximum d'individus sont la deuxième et la première classe comprises entre 252-312 et 130-190 cm avec 33% soit 12 individus contre 22% soit 8 individus suivi de la 3^{ème} et 4^{ème} classe qui ont 17 et 14% soit 6 contre 3 individus, viennent ensuite la cinquième et sixième classe qui ont respectivement 8 et 6% soit 3 contre 2 individus (Fig.12.b).

Dans le troisième traitement (T3: W+M), la répartition des individus de *M.laurentii* par classes des hauteurs à intervalle de 50 cm a donné 6 classes dont le maximum d'individus 36 % soit 13 individus appartiennent à la troisième classe suivie de la quatrième classe qui a 28% soit 10 individus, la sixième classe est la moins représentée avec un seul individu soit 3% (Fig.13.c).

Dans le quatrième traitement (T4: W), la répartition avec 35 cm d'intervalle dont la première classe et la deuxième classe ont 28% soit 10 individus pour chacune; suivie de la quatrième et troisième classe qui ont respectivement 25 et 14%, viennent enfin la cinquième et sixième classe qui ont 1 individu chacune soit 2 et 3% (Fig.13.d). Les hauteurs maximales et minimales en cm pour chaque traitement sont représentées dans la figure 14 ci-dessous.

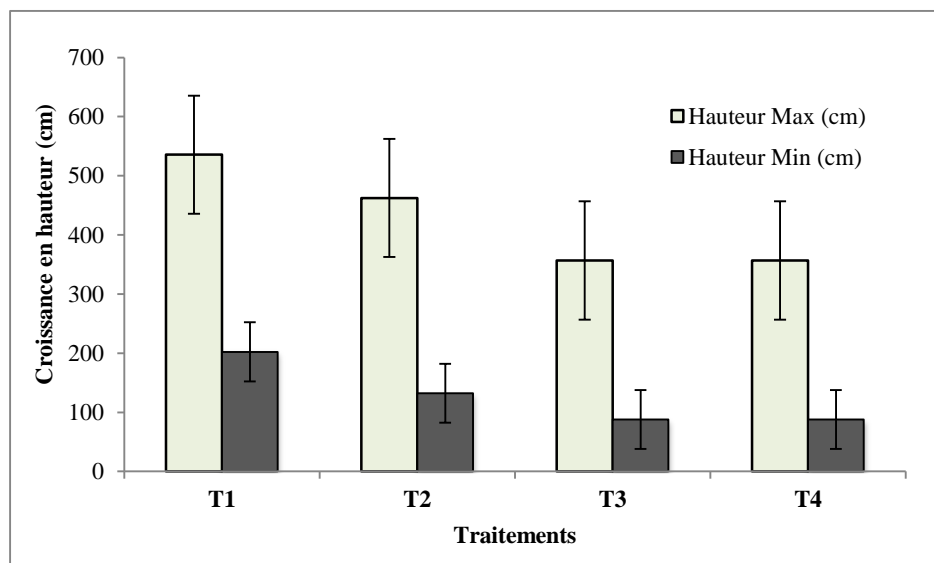


Figure 14: Hauteur maximale et minimale de *M. laurentii* dans les N.F en juillet 2015

La figure 14 illustre les hauteurs maximales et minimales de plants de *M. laurentii* aux dernières mesures t_7 en juillet 2015; il ressort de ces observations que dans le premier traitement (W+A+M) la hauteur maximale est de *M. laurentii* est de 536 cm soit 5,36 m, il s'agit de 27^{ème} NF alors que la hauteur minimale est de 202 cm soit 2 m dans le 16^{ème} NF. Dans le deuxième traitement (W+A), la hauteur maximale est de 462,5 cm soit 4,63 m dans le 19^{ème} NF et que la hauteur minimale observée est de 132,3 cm dans le 17^{ème} NF. Dans le troisième traitement (W+M), la hauteur maximale est de 356,7 cm soit 3,57 m dans le 20^{ème} NF alors que la hauteur minimale observée est de 87,9 cm dans le 8^{ème} NF. Dans le quatrième traitement (W), la hauteur maximale est de 313,5 cm soit 3,14 m dans le 12^{ème} NF alors que la hauteur minimale est de 132,8 cm soit 1,33 m dans le 32^{ème} NF.

V.1.1.8 Différence de croissance annuelle en hauteur de *M. laurentii*

Les différences de croissances annuelles en hauteur de *M. laurentii* sont représentées par les figures 15.a et b.

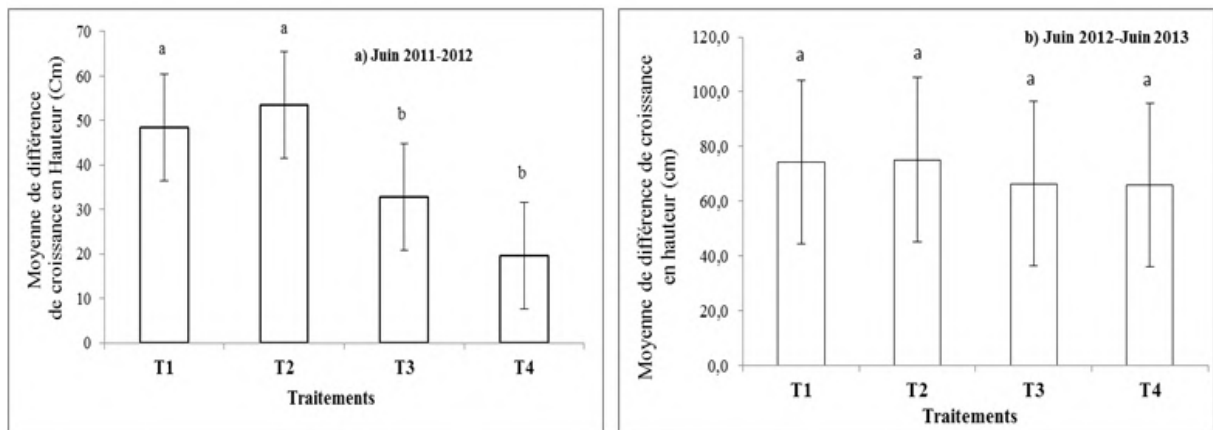


Figure 15: Différence de croissance annuelle en hauteur de *M. laurentii* en juin à Ibi-village

L'analyse de la variance à un seul facteur a été utilisée pour vérifier la différence de la croissance annuelle en hauteur illustrée par la figure 15 (a); celle-ci a donné les résultats suivants: les moyennes de différence de croissance annuelle en hauteur ont connu une différence significative entre les quatre traitements, ($P=0,00$) pour la période juin 2011-2012. Les valeurs observées sont $48,5\text{cm}\pm 26,8$ pour T1, $53,5\text{cm}\pm 25,6$ pour T2, $32,8\text{cm}\pm 21,1$ pour T3 et $19,6\text{cm}\pm 10$ pour T4. A l'intérieur des traitements, on constate aucune différence significative entre T1 et T2, ($P=0,42$), par contre la différence se dégage significative entre T2 et T3 ($P=0,00$) de même entre T3 et T4 ($P=0,00$). La moyenne annuelle pour tous les traitements a été de $38,6\text{cm}\pm 7,6$.

Par contre il n'existe aucune différence significative des moyennes de croissance annuelle en hauteur entre les différents traitements ($P=0,51$); (Fig.15.b) pour la période juin 2012-2013. Les hauteurs sont à peu près égales soit $74,3\text{cm}\pm 37,2$ pour T1 et $75,1\text{cm}\pm 34$ pour T2 contre $66,4\text{cm}\pm 32,8$ pour T3 et $66\text{cm}\pm 30,5$ pour T4, ce qui a donné dans l'ensemble de traitements une moyenne de $70,4\text{cm}\pm 4,9$.

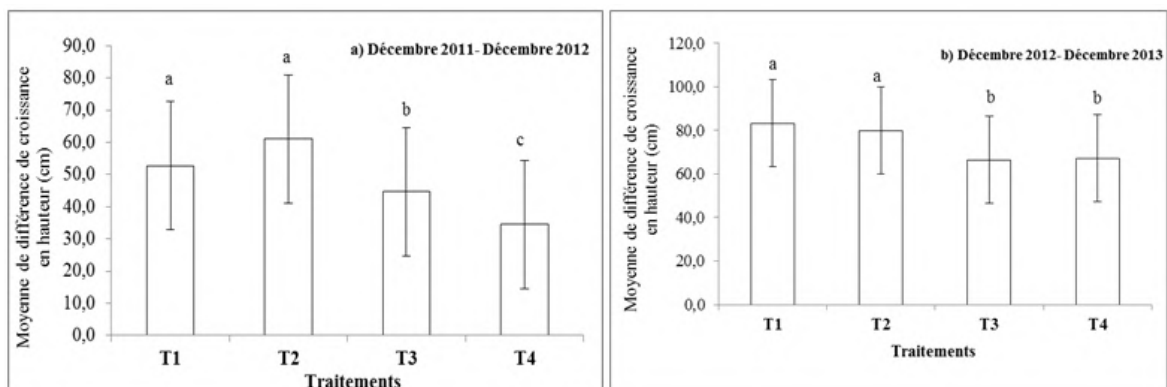


Figure 16: Différence de croissance annuelle en hauteur de *M. laurentii* en décembre à Ibi

La différence de croissance en hauteur pour la période de décembre 2011- 2012 (Figure 16.a) montre qu'il existe une différence significative entre les quatre traitements ($P=0,00$). Les moyennes observées sont $58,8 \text{ cm} \pm 34,4$ pour T1, $61,18 \text{ cm} \pm 31,1$ pour T2, $44,78 \text{ cm} \pm 27,2$ pour T3 et $48,28 \text{ cm} \pm 11,4$ pour T4 avec une moyenne de $48,28 \text{ cm} \pm 11,4$ dans l'ensemble de traitements. A l'intérieur des traitements, il ne se dégage aucune différence significative entre T1 et T2, ($P=0,28$), contrairement à T2 et T3 ($P= 0,02$) puis T3 et T4 ($P=0,06$) qui ont connu des différences significatives.

La différence de croissance annuelle en hauteur de Décembre 2012-2013, (Figure 16.b) ne montre aucune différence significative ni entre les quatre traitements ($P=0,18$), ni à l'intérieur des traitements. Les valeurs pour chacun de traitements sont $83,3 \text{ cm} \pm 51,3$ pour T1; $79,9 \text{ cm} \pm 44,1$ en T2; $66,4 \text{ cm} \pm 33,9$ pour T3 et $67,1 \text{ cm} \pm 30,1$ pour T4 avec une moyenne de $74,2 \text{ cm} \pm 9,6$ dans l'ensemble de traitements.

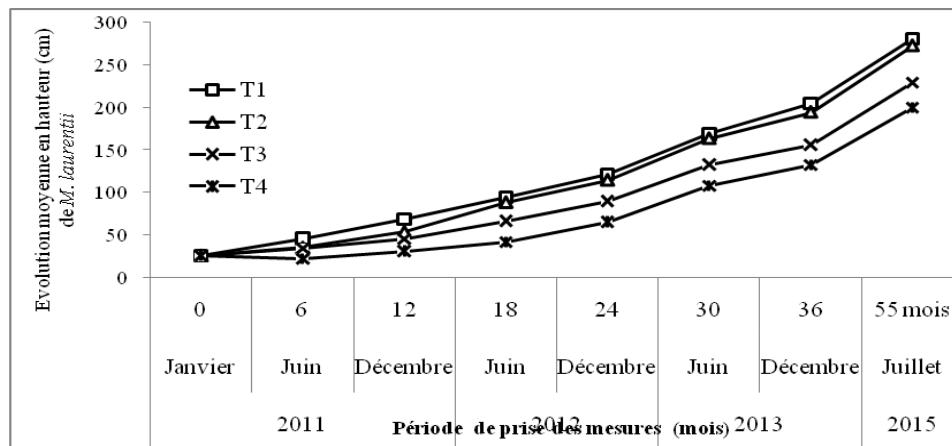


Figure 17: Évolution moyenne en hauteur de *M. laurentii* de 0 à 55 mois à Ibi-village

Sur la figure 17, nous avons l'évolution moyenne des hauteurs de *M. laurentii* pour la période de 0 à 55 mois; il ressort de ces observations que les individus de T1 et T2 ont continué leur croissance à l'ombre des *A. mangium* dans cette compétition, ils ont présenté une moyenne en hauteur nettement plus élevées par rapport aux autres traitements (T3 et T4).

En juin et décembre 2011, aucune différence significative en hauteur n'a été enregistrée entre T3 et T4 du fait que T3 était encore couvert de manioc. Après la récolte de manioc en avril 2012, les individus de *M. laurentii* sont restés en plein air comme leur voisin de T4 et on a observé un écart entre T2 et T3.

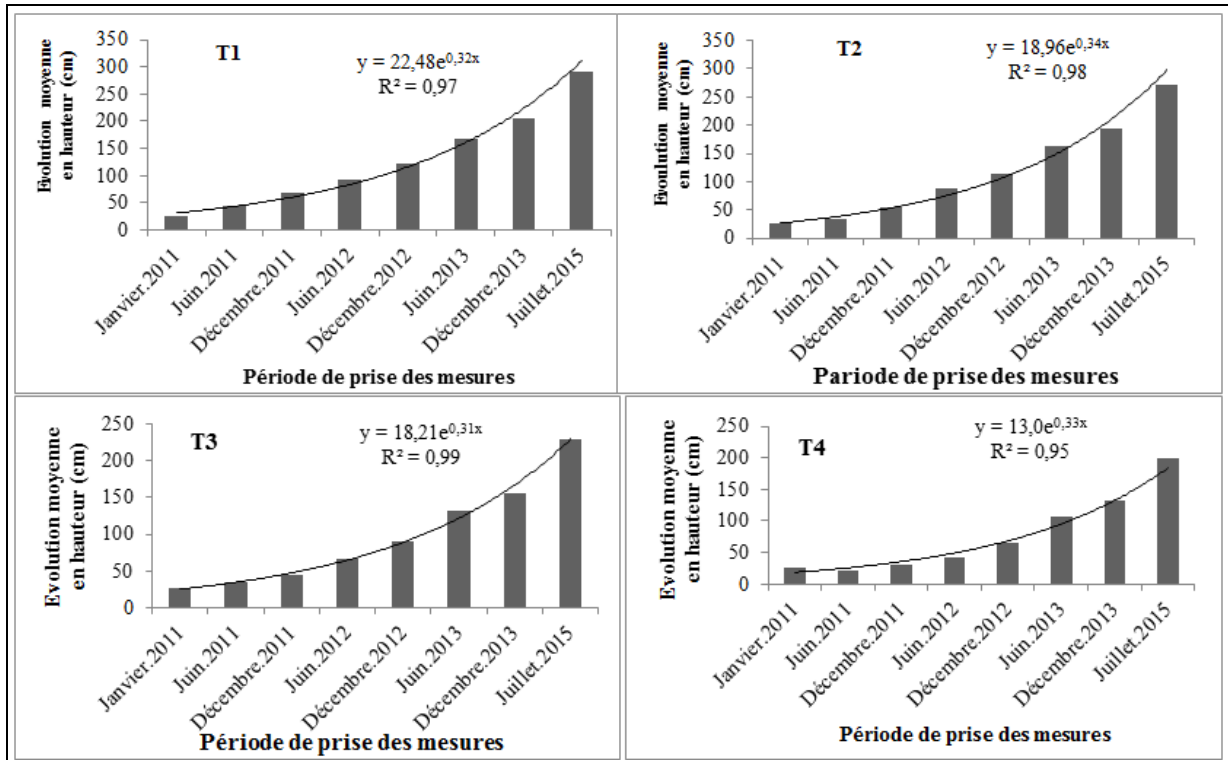


Figure 18: Croissance en hauteur par traitement de *M. laurentii* de 0 à 55 mois à Ibi-village

La figure 18 illustre l'analyse situationnelle de l'évolution de *M. laurentii* de 0 à 55 mois pour chaque traitement dans les différents noyaux forestiers.

V.1.2 Étude de croissance en diamètre de *M. laurentii* dans les noyaux forestiers

La grosseur d'un arbre est décrite par le diamètre ou la circonférence. Comme nous l'avons dit précédemment notre étude est axée sur la régénération.

Tableau 4: Effet de l'ombrage sur l'évolution en diamètre moyen de *M.laurentii* dans les noyaux forestiers de 0 à 55 mois à Ibi-village

En janvier 2011, c'est le début de la plantation (t_0), toutes les plantes sont presque de même âge ; leurs moyennes de diamètre est de $0,6\text{cm}\pm 0,1$ aucune différence significative ($P=0,79$) n'a été observée entre les traitements.

	Années		2011			2012		2013		2015
	Mois	Janvier	Juin	Décembre	Juin	Décembre	Juin	Décembre	Juillet	
	Age (mois)	0	6	12	18	24	30	36	55	
Traitements	N	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	
T1	36	$0,6\pm 0,1^a$	$0,9\pm 0,2^a$	$1,2\pm 0,2$	$1,5\pm 0,3$	$1,8\pm 0,4$	$2,3\pm 0,6$	$2,6\pm 0,7^a$	$3,6\pm 0,8^a$	
T2	36	$0,6\pm 0,1^a$	$0,9\pm 0,2^a$	$1,2\pm 0,3$	$1,6\pm 0,5$	$1,9\pm 0,6$	$2,3\pm 0,7$	$2,5\pm 0,7^a$	$3,5\pm 0,8^a$	
T3	36	$0,6\pm 0,2^a$	$0,8\pm 0,2^a$	$1,2\pm 0,3$	$1,5\pm 0,4$	$1,9\pm 0,5$	$2,2\pm 0,6$	$2,5\pm 0,6^a$	$3,5\pm 0,8^a$	
T4	36	$0,6\pm 0,1^a$	$0,9\pm 0,2^a$	$1,1\pm 0,3$	$1,3\pm 0,4$	$1,7\pm 0,4$	$2,0\pm 0,5$	$2,3\pm 0,6^a$	$3,4\pm 0,8^a$	

En juin 2011, les plantes ont 6 mois ; c'est la première mesure, le de diamètre moyen est de $0,9\text{cm}\pm 0,2$ sauf pour T3 qui n'en a que $0,8\text{cm}\pm 0,2$; aucune différence significative ($P=0,68$) n'a été remarquée entre les quatre traitements. En décembre 2013, les plantes ont 36 mois et la moyenne de diamètre est de $2,6\text{cm}\pm 0,7$ pour T1, $2,5\text{cm}\pm 0,7$ pour T2, $2,5\text{cm}\pm 0,6$ pour T3 et $2,3\text{cm}\pm 0,6$ pour T4. L'analyse de la variance à un seul facteur nous a permis de constater qu'il n'existe aucune différence significative entre les quatre traitements ($P=0,15$). La figure 19 illustre bien cette évolution de diamètre de *M. laurentii*. En juillet 2015, les plantes ont atteint 55 mois, la moyenne de croissance en diamètre reste autour de $3,5\text{cm}\pm 0,8$ et aucune différence significative n'a été également notée entre les quatre traitements ($P=0,9$).

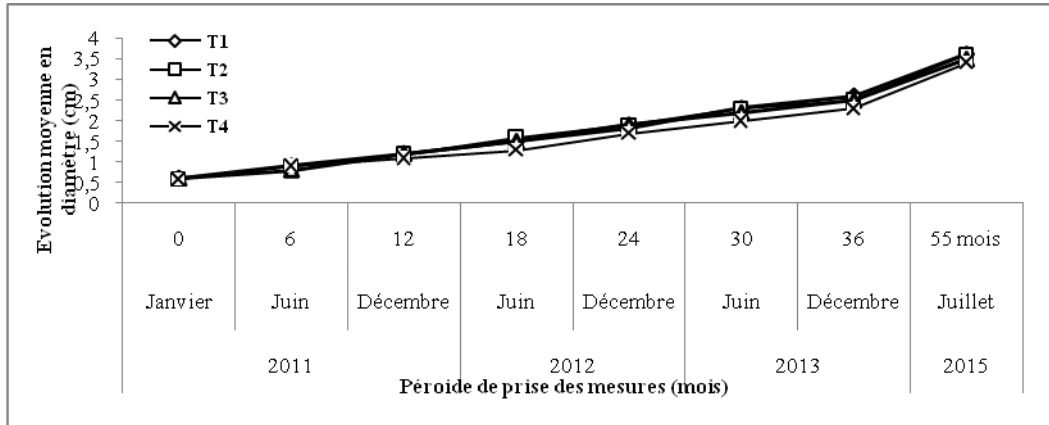


Figure 19: Évolution en diamètre de *M. laurentii* de 0 à 55 mois dans les noyaux forestiers à Ibi-village

La figure 19 nous présente l'évolution de diamètre moyen *M. laurentii* de 55 mois de quatre traitements dans les noyaux différents forestiers à Ibi-village.

V.1.2.1 : Distribution de classes de diamètre de *M. laurentii* de 55 mois (n=36)

La distribution des individus des différents traitements par classes des diamètres est présentée par les planches de la figure 20.

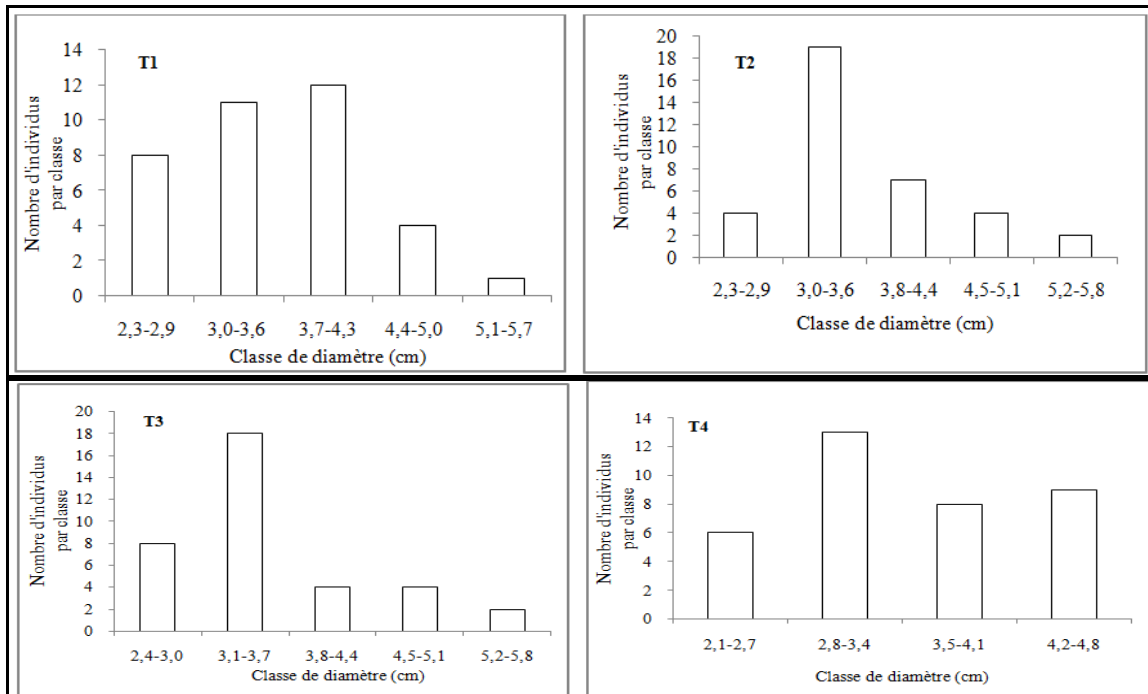


Figure 20: Classes de diamètre par traitement de *M. laurentii* de 55 mois à Ibi-village

La répartition des individus de *M. laurentii* de 55 mois en cinq classes de diamètre sauf pour le quatrième traitement (4 classes) a été faite pour chacun de traitement en juillet 2015. Il ressort de ces résultats que dans le premier traitement (T1), les 36 individus ont été répartis en 5 classes (Fig.20) avec intervalle de 0,6 cm. On constate que le maximum d'individus (12) soit 33% sont dans la troisième classe suivie de la deuxième classe qui a 11 individus soit 31%; viennent ensuite la première et quatrième classes qui ont respectivement 8 et 4 individus soit 22 contre 11%, la cinquième classe ne compte qu'un seul individu qui représente 3%.

Le deuxième traitement (T2) a été également reparti en 5 classes avec intervalle de 0,6cm dont seule la 2^{ème} classe 3,0-3,6 cm a le maximum d'individus (19) soit 53%; vient ensuite la troisième classe 3,7-4,3 cm qui a 7 individus soit 19% (Fig.20). La première et la quatrième classes ont 4 individus chacune soit 11% et la sixième classe n'a que 2 individus soit 6 %.

Le troisième traitement (T3) a été divisé également en 5 classes avec intervalle de 0,6cm; réparties de la manière suivante: la première classe 2,4-3,0 cm ayant 8 individus soit 22%, la deuxième classe 3,1-3,7cm avec 18 individus soit 50%; les troisième et quatrième classes 3,8-4,4 cm et 4,5 - 5,1 cm contiennent respectivement 4 individus soit 11% et la cinquième classe 5,2-5,8 cm comptant 2 individus soit 6% (Fig.20).

Le quatrième traitement (T4) a été divisé en classes avec intervalle de 0,6 cm dont la première classe 2,1-2,7 cm a 6 individus soit 17%; la deuxième classe 2,8-3,4 cm avec 13 individus soit 36%; la troisième classe 3,5-4,1cm a 8 individus soit 22% et la quatrième classe qui a 9 individus soit 25 % (Fig.20).

V.1.2.2 Accroissement moyen annuel de *M. laurentii* à Ibi-village

L'accroissement est la différence entre le diamètre l'année n et le diamètre l'année n-1 d'un arbre donné, la moyenne est calculée d'une année sur l'autre, pour la population considérée, (DETIENNE et *al.*, 1998). Nous l'avons calculé pour les années suivantes: juin 2011 à juin 2012 de même pour juin 2012 à juin 2013, décembre 2011 à décembre 2012 et décembre 2012 à décembre 2013, (Fig.21).

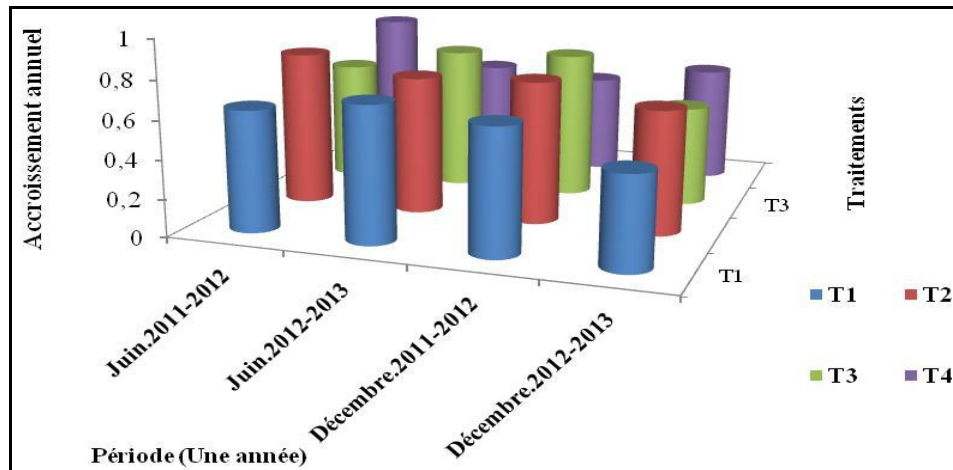


Figure 21: Accroissement moyen annuel par traitement de *M. laurentii* à Ibi-village

Les résultats de l'accroissement annuel en diamètre pour la période de juin 2011 à juin 2012 (Fig.21), ont montré que les moyennes d'accroissement annuel ont connu des différences significatives entre les quatre traitements ($P=0,00$). Les valeurs observées sont $0,6 \text{ cm} \pm 0,2^a$ pour T1, $0,7 \text{ cm} \pm 0,4^a$ pour T2, $0,6 \text{ cm} \pm 0,3^a$ pour T3 et $0,4 \text{ cm} \pm 0,2^a$ pour T4. La moyenne annuelle pour tous les traitements est de $0,6 \text{ cm} \pm 0,1$. Pour la période de juin 2012 à juin 2013 (Fig.21). A l'intérieur des traitements, une différence significative a été notée entre T1 et T2 ($P=0,00$) et aucune différence entre T2 et T3 ($P=0,63$) et entre T3 et T4 ($P=0,92$).

A ce qui concerne l'accroissement annuel de juin 2012 à juin 2013, les résultats montrent également une différence significative entre les quatre traitements ($P=0,04$). Les valeurs observées sont $0,8 \text{ cm} \pm 0,5$ pour T1, $0,9 \text{ cm} \pm 0,3$ pour T2, $0,7 \text{ cm} \pm 0,3$ pour T3 et $0,7 \text{ cm} \pm 0,3$ en T4; la moyenne annuelle pour tous les traitements est de $0,8 \text{ cm} \pm 0,04$. A l'intérieur des traitements, entre T1 et T2, aucune différence n'a été notée ($P=0,29$), de même entre T3 et T4 ($P=0,97$), par contre une différence significative a été notée entre T2 et T3 ($P=0,00$).

De décembre 2011 à décembre 2012 (Fig.21), les moyennes de différence de croissance annuelle en diamètre ont connu une différence significative entre les quatre traitements ($P=0,00$). Les valeurs observées sont $0,6 \text{ cm} \pm 0,3^a$ pour T1, $0,8 \text{ cm} \pm 0,3^b$ pour T2, $0,7 \text{ cm} \pm 0,3^c$ pour T3 et $0,5 \text{ cm} \pm 0,2^d$ pour T4; la moyenne annuelle pour tous les traitements est de $0,6 \text{ cm} \pm 0,1$.

La période de décembre 2012 à décembre 2013 (Fig.21) a montré qu'il n'existe aucune différence significative d'accroissement moyenne annuel entre les quatre traitements ($P=0,35$).

A l'intérieur des traitements, on ne note également aucune différence significative entre T1 et T2 ($0,8 \text{ cm} \pm 0,4^a$; $0,8 \text{ cm} \pm 0,3^a$; $P=0,92$), de même entre T2 et T3 ($0,8 \text{ cm} \pm 0,3^a$; $0,7 \text{ cm} \pm 0,3^a$; $P=0,36$), par contre une différence a été observée en T3 et T4 ($0,7 \text{ cm} \pm 0,3^a$; $0,9 \text{ cm} \pm 0,3^b$; $P=0,03$), la moyenne annuelle pour tous les traitements est de $0,6 \text{ cm} \pm 0,1$.

V.1.2.3 Analyse situationnelle de l'évolution de diamètre de *M. laurentii* par traitement

L'étude de l'évolution de diamètre par traitement a été réalisée, les résultats sont présentés dans la figure 22.

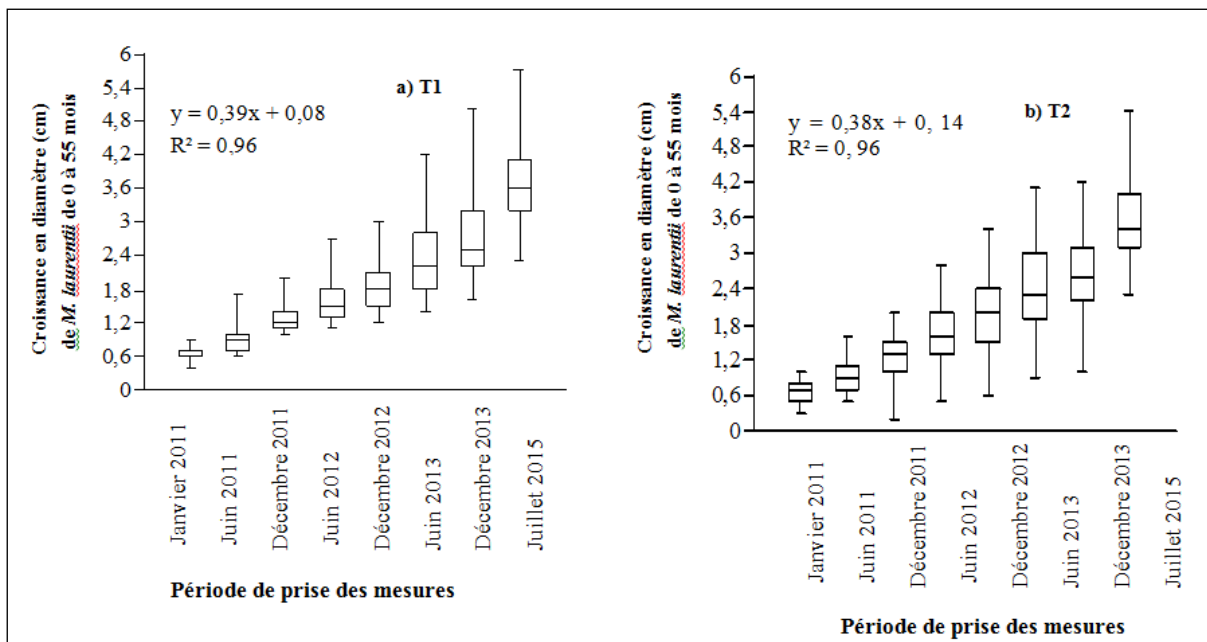


Figure 22: Évolution en diamètre moyen de T1 et T2 de *M. laurentii* de 0 à 55 mois dans les NF à Ibi-village

Pour le premier traitement (T1), en janvier 2011, le diamètre maximal a été de 0,9 cm et le diamètre minimal a été de 0,4 cm (Fig.22.a); tandis que la moyenne observée a été de $0,6 \pm 0,1$ cm. En décembre 2013, les diamètres minimal et maximal sont respectivement de 1,6 et 5 cm; la moyenne observée a été de $2,6 \pm 0,7$ cm dans l'ensemble des noyaux forestiers. Toujours dans T1, en juillet 2015 c'est la dernière observation de terrain, le diamètre maximal est de 5,7 cm alors que le minimal est de 2,3 cm avec une moyenne de $3,6 \pm 0,7$ cm dans l'ensemble de noyaux forestiers. L'analyse de la variance a montré que l'évolution de diamètre de T1 a connu une différence significative ($P=0,000$).

Pour le deuxième traitement (T2), nous constatons qu'en janvier 2011, les diamètres minimal et maximal ont été respectivement de 0,3 et 1 cm; la moyenne a été de $0,6 \pm 0,1$ cm dans l'ensemble des noyaux forestiers. En décembre 2013, le diamètre minimal et maximal est respectivement de 1 et 4,2 cm; la moyenne observée dans l'ensemble ont été de $2,5 \text{ cm} \pm 0,7$. En juillet 2015 le diamètre maximal a été de 5,4 cm et le diamètre minimal a été de 2,3 cm, la moyenne de tous les noyaux forestiers a donné $3,5 \pm 0,7$ cm.

Ce pendant l'analyse de la variance a relevé que l'évolution de diamètre de T2 a connu une différence significative ($P=0,000$) (Fig.22.b).

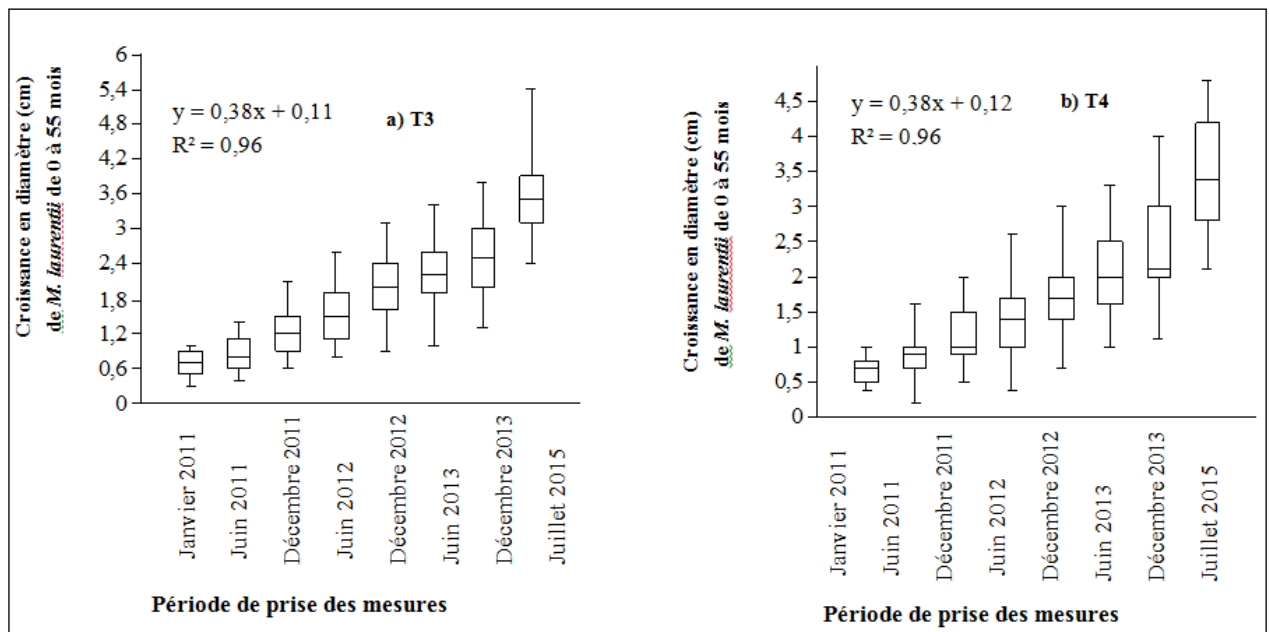


Figure 23: Évolution en diamètre moyen de T3 et T4 de *M. laurentii* de 0 à 55 mois dans les NF à Ibi-village

En ce qui concerne le troisième traitement (T3), les diamètres minimal et maximal en janvier 2011 ont été respectivement de 0,3 et 1cm; la moyenne observée dans tous les noyaux forestiers a été de $0,6 \pm 0,2$ cm. En juillet 2015, les diamètres minimal et maximal sont respectivement de 2,4 et 5,4 cm; la moyenne observée a été de $3,5 \pm 0,7$ cm (Fig.23.a). L'analyse de la variance a montré que l'évolution de diamètre de T3 a connu une différence significative ($P=0,000$). Pour le quatrième traitement (T4), nous constatons qu'en janvier 2011, le diamètre minimal a été de 0,4 cm alors que le diamètre maximal a été de 1cm; la moyenne a été de $0,6 \text{ cm} \pm 0,1$.

En juillet 2015, les diamètres minimal et maximal sont respectivement de 2,1 et 4,8cm ; la moyenne observée a été de 3,4cm±0,7 (Fig.23.b). L'analyse de la variance a montré que l'évolution de diamètre de T4 a connu également une différence significative (P=0,00).

V.2. Etude de la régénération de *M.laurentii* par macroboutures

Cette partie des résultats a fait l'objet d'une publication sur la Sylviculture du *Millettia laurentii* De Wild. (Wengé) par macroboutures dans les savanes herbeuses du plateau des Batéké à Ibi/RD Congo par *Ruffin NSIELOLO KITOKO*¹⁻², *Jean LEJOLY*³, and *Jules ALONI KOMANDA*⁴ dans International Journal of Innovation and Applied Studies

ISSN 2028-9324 Vol. 12 No. 1 Jul. 2015, pp. 123-131, soumis le 24.04.2015, accepté le 15.05.2015.

Les résultats relatifs à l'essai de technique de régénération de *M. laurentii* par macroboutures sont présentés dans les tableaux et figures ci-dessous.

V.2.1 Évolution de diamètres moyens (cm) des macroboutures de *M. laurentii*

Au temps zéro la moyenne de diamètre au collet (tableau 5) était de 3,6cm±0,6 pour T1 ; 3,6 cm±0,8 pour T2 ; 3,5cm±0,7 pour T3 et 3,7cm±0,6 pour T4 ; les moyennes sont homogènes et aucune différence significative (P=0,87) au seuil de 5% n'a été observée entre les quatre traitements.

Tableau 5: Variation de diamètre moyen au collet des boutures (cm) de 0 à 33 mois (n=49)

Années	2012		2013				215	
	octobre	décembre	février	avril	juin	août	octobre	Juillet
Age (mois)	0	2	4	6	8	10	12	33
Traitements	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
T1	3,6±0,6	3,4±0,6 ^a	3,5±0,6	3,6±0,6	3,9±0,6	4,0±0,6	4,4±0,6	5,6±0,6 ^a
T2	3,6±0,8	3,3±0,6 ^a	3,3±0,7	3,6±0,8	3,7±0,8	3,9±0,8	3,9±0,8	5,1±0,9 ^b
T3	3,5±0,7	3,5±0,7 ^a	3,8±0,8	4,2±0,7	4,5±0,7	4,3±0,8	4,5±0,8	5,7±0,7 ^c
T4	3,7±0,6	3,6±0,6 ^a	3,7±0,6	4,0±0,5	4,2±0,5	4,2±0,4	4,3±0,4	5,6±0,4 ^c

Légende :

- T1:** premier traitement (1,50 m)
- T2:** deuxième traitement (1,30 m)
- T3:** troisième traitement (1,00 m)
- T4:** quatrième traitement (0,70 m)

En décembre 2012, les macroboutures ont deux mois de vie; la moyenne de diamètre au collet ne montre pas de différence significative ($P=0,12$) entre les quatre traitements ; leurs diamètres qui devraient augmenter, baissent de $0,1\pm 0,02$ cm dans l'ensemble pour deux raisons : la première est que les plantes devaient vivre des réserves de leur sève pour compenser l'absence des racines, la seconde est l'apparition de bourgeons latéraux sur le tronc des macroboutures (tableau 5 et Photo 9). En octobre 2013, les plantes sont âgées de 12 mois, les moyennes de diamètre enregistrées sont $4,4\pm 0,6$ cm pour T1; $3,9\pm 0,8$ cm pour T2; $4,5\pm 0,8$ cm pour T3 et $4,3\pm 0,4$ cm pour T4.

En juillet 2015, c'est la dernière observation de nos expériences, la moyenne de diamètre au collet observée a relevé une différence significative ($P=0,00$) entre les quatre traitements comme le montre le tableau 5.



Photo 9: Evolution des bourgeons sur les macroboutures de *M. laurentii* (a):
 Macrobuture de 0 jour (t0), (b): Apparition de bourgeon à 60 jours (t1), (c):
 Macrobuture de Wengé à 365 jours (t6)

La photo 9 illustre quelques exemples de l'évolution des bourgeons sur les macroboutures; sur la photo 9.a, on a la macrobuture à la plantation qui ne présente pas encore l'apparition des bourgeons. Sur la photo 9.b, on voit l'apparition de bourgeons qui prolifèrent comme le montre la photo 9.c. Les résultats de taux de survie et de mortalité de macroboutures sont consignés dans le tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6: Taux de survie et de mortalité de macroboutures de *M. laurentii* de 33 mois par traitement en Juillet 2015.

Traitements	Nombre de pieds vivants	Nombre de pieds morts	Taux de mortalité (%)
1,5 m	31	18	37
1,3m	33	16	33
1m	37	12	24
0,75m	35	14	29

Au départ au moment de la plantation, chaque placette contenait 49 pieds de macroboutures. En juillet 2015, c'est la dernière observation sur terrain, le taux de mortalité a été prélevé pour chaque traitement, nous avons remarqué que le taux de mortalité est plus élevé dans le traitement T1 avec 18 pieds soit 37% et 16 pieds soit 33% dans T2 (tableau 6). T3 et T4 ont été les moins affectés avec 12 et 14 pieds soit 24 et 29%, respectivement. Nous n'avons pas fait le regarnissage des macroboutures à cause du manque d'approvisionnement dans les milieux et aussi l'objectif était de rechercher à petite échelle le traitement qui donnerait le meilleur rendement transposable à grande échelle.

V.2.3 Évolution du nombre de bourgeons sur les macroboutures de *M. laurentii* de 0 à 33 mois par traitement

Dénombré de la base au sommet, l'évolution du nombre de bourgeons représenté par la figure 24 renseigne ce qui suit: deux mois après la plantation, les premiers bourgeons sont déjà apparus. Cependant, chaque traitement présente une évolution spécifique: T1 a une allure en dent de scie; par contre T2 et T3 montrent un accroissement de bourgeons de décembre 2012 à juin 2013 avant de décliner en août 2013; dans le même temps T4 reste en état quasi stationnaire en gardant quasiment le même nombre de bourgeons durant toute la période. Il est donc normal que le nombre de bourgeons entre les quatre traitements présente une différence significative ($P=0,00$) et que la moyenne entre les groupes plus grande (69,5) soit cinq fois qu'à l'intérieur de groupe (12,3).

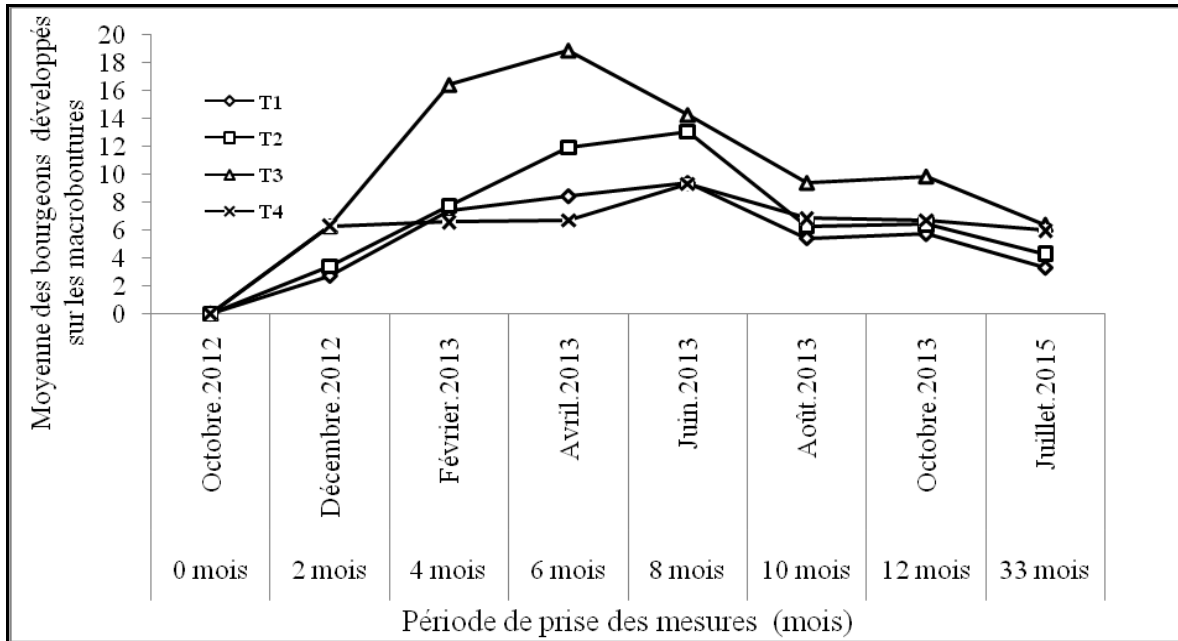


Figure 24: Évolution moyenne des bourgeons sur les macrobutures de *M. laurentii* de 0 à 33 mois à Ibi-village

La période entre août 2013 et juillet 2015 est marquée par une déclinaison en moyenne de nombre des bourgeons dans tous les traitements (Fig.24), dont T1 passe de $5,7 \pm 4,6$ à $3,2 \pm 1$, T2 quant à lui passe de $6,3 \pm 3,9$ à $4,2 \pm 1,5$; T3 passe de $9,8 \pm 5,1$ à $6,3 \pm 2,0$ et T4 réduit sa moyenne en nombre des bourgeons de $6,7 \pm 4,1$ à $5,9 \pm 2,9$. Ce phénomène aussi influencé par la grande saison sèche; est une forme de réduction de charge assez importante sur les macrobutures qui occasionnerait une demande forte en éléments nutritifs pour la suivie des ces des bourgeons ; c'est ainsi que les macrobutures doivent réduire le nombre des bourgeons qui en réalité sont supposés jusqu'ici les bourgeons réellement vivants qui resteront pour continuer la croissance.

V.2.4 : Disposition des bourgeons vivants sur les macrobutures de *M. laurentii* de 33 mois

Le comptage de bourgeons vivants sur les macrobutures a été fait à trois niveaux : à la base de 0 à 50 cm, au milieu de 50 à 100 cm pour tous les traitements et au sommet (>100 cm) pour T1 et T2 seulement (Tableau 7). Les résultats de la disposition de ces bourgeons sont présentés dans le tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7: Influence de la taille moyenne de la bouture de *M. laurentii* sur le nombre de bourgeons (33 mois)

Hauteur de bourgeonnement	Traitements				Moyenne
	T1	T2	T3	T4	
Sommet > 100cm	18,0	22,0	-	-	20,0
Milieu 50 à 100 cm	37,8	34,3	35,7	46,0	38,4
Base ≤ 50 cm	44,0	44	64	54	51

Il ressort de ces résultats (tableau 7) que 51% de bourgeons ont été observés à la base, 38% au milieu pour tous les traitements et 20% au sommet pour T1 et T2. Ce taux élevé des bourgeons à la base est imputable à notre avis au fait que la base de la macrobouture est la partie qui bénéficie le plus de l'humidité du sol, en outre l'on remarque que les macroboutures sèchent du haut vers le bas dès les deux premiers mois sans doute avant l'apparition des racines.

V.2.5 Évolution du diamètre au collet et du nombre de bourgeons

Les résultats de l'analyse de l'évolution de diamètres au collet et en nombre de bourgeons aux différentes périodes de croissance sont repris par les figures 25.

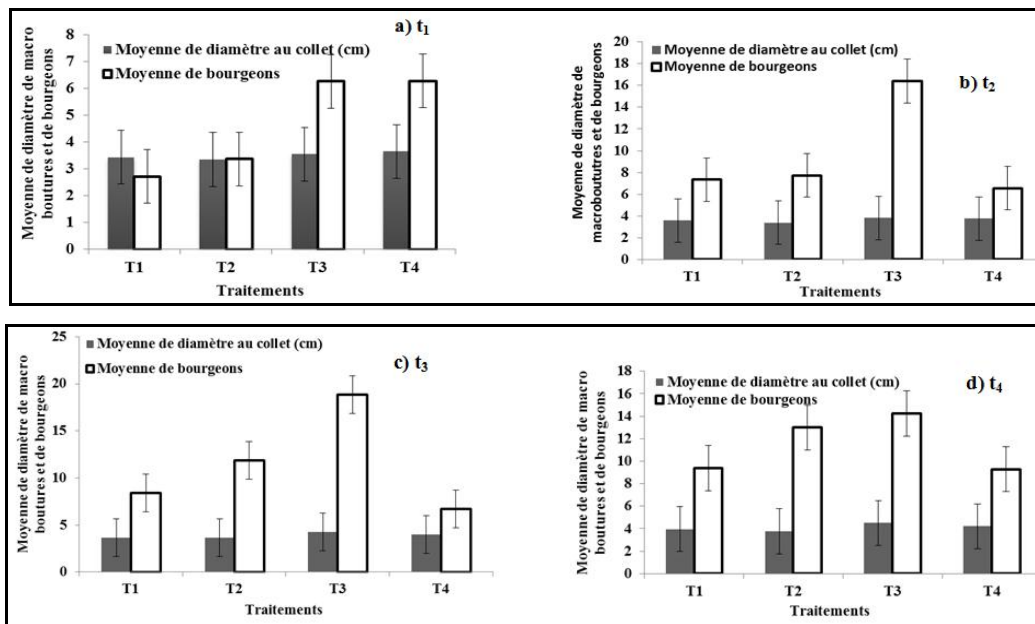


Figure 25: Évolution de diamètre au collet (cm) des macroboutures et du nombre des bourgeons vivants de *M. laurentii* de t₁ à t₄ à Ibi-village

Sur la figure 25, nous constatons qu'au temps 0, le nombre de bourgeon est nul. Au temps t₁ (figure 25.a), pour le premier traitement (T1: 1,50 m), la moyenne de diamètre au collet des

macroboutures apparaît plus élevée que le nombre de bourgeons ce qui diffère des autres traitements où on trouve la moyenne de bourgeons élevé par rapport à la moyenne de diamètre des macroboutures au collet.

Au temps t_2 , février 2013 (Fig.25.b), les moyennes de diamètre de macroboutures baissent sensiblement au profit de nombre de bourgeons. En ce qui concerne le nombre des bourgeons au temps t_2 , une différence significative ($P=0,000$) a été observée entre les traitements, T3 est toujours en première position en nombre de bourgeons par contre sur certains pieds de T4, nous avons remarqué l'assèchement de quelques bourgeons.

Au temps t_3 (avril 2013), nous remarquons toujours un taux élevé en nombre des bourgeons pour le troisième traitement (T3: 1 m), suivi de T2 (1,30 m) et de T1 (1,50). Le quatrième traitement (0,70 m) vient en dernière position avec un nombre moyen faible des bourgeons (Fig.26.c). Au temps t_4 (Fig.25.d), le nombre des bourgeons est toujours élevé sur le troisième traitement (1 m), suivi du traitement de 1,30 m et de 1,50 m. Le traitement de 0,70 m a augmenté le nombre de bourgeons mais vient toujours en dernière position.

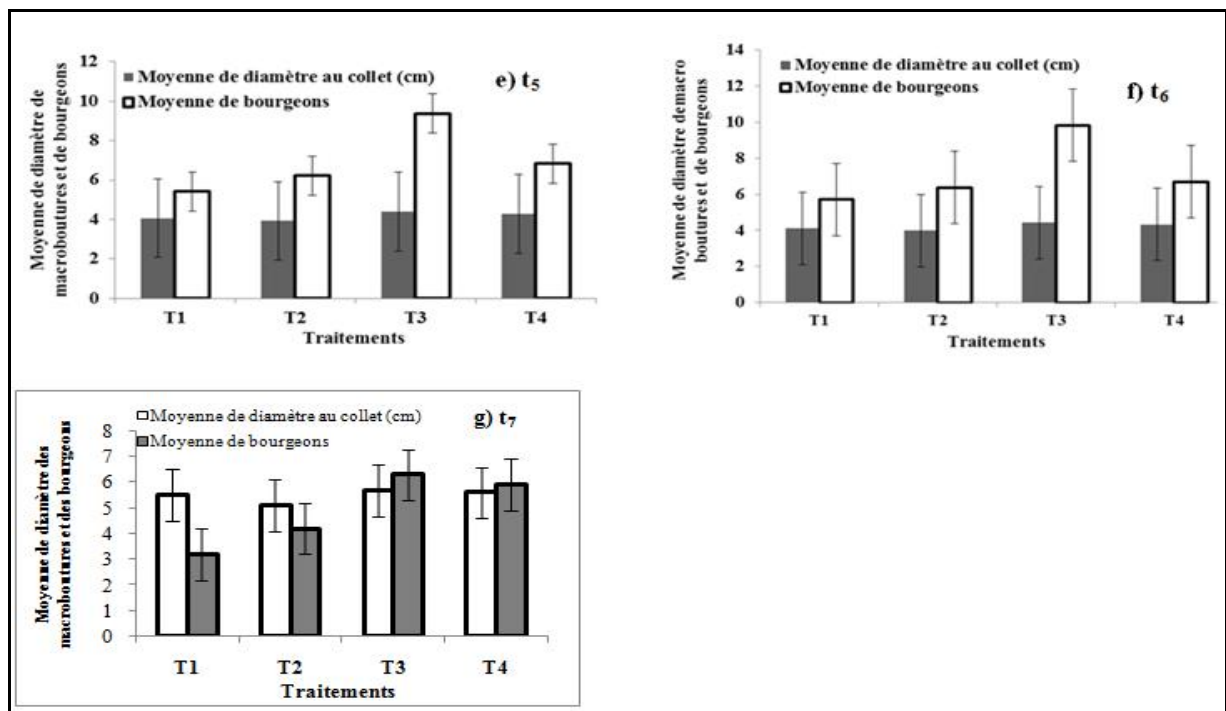


Figure 26: Évolution de diamètre au collet (cm) des macroboutures et du nombre des bourgeons vivants de *M. laurentii* de t_5 à t_7 à Ibi-village

La figure 26.e présente la moyenne de l'évolution de diamètre au collet ainsi que des bourgeons sur les macroboutures au temps t_5 .

Il ressort de cette figure que T3 présente un nombre élevé des bourgeons, suivi de T4, puis de T2. Quant au diamètre au collet, il se révèle une évolution des valeurs qui s'éloigne de celles prises au départ (c'est-à-dire au temps t_0), avec une légère augmentation en passant de 3,5 à 3,6 cm qui serait due à l'enracinement effective des macroboutures qui ne dépendent plus de la réserve nutritive comme au temps t_0 .

Au temps t_6 , en octobre 2013, nous constatons que T3 occupe toujours la première position et à une moyenne élevée de bourgeon (Fig. 26.f), T4 vient en deuxième position suivi de T2 et T1. Il ressort de ces observations que le nombre de bourgeons sur les macroboutures a varié d'une période à l'autre, cependant, ce nombre a commencé à se stabiliser à partir de t_4 . De ces quatre traitements utilisés, on remarque que T3 donne le bon rendement en nombre de bourgeons suivi de T4 (Fig.26. g); le calibre de la macrobouture n'influence pas le taux de bourgeonnement, mais la taille semble influencer sur le taux de bourgeonnement. La période de plantation (pluies abondantes en octobre) est aussi l'un de facteur important pour la réussite de ces genres de plantations et la réduction d'un nombre important de mortalité. Cette technique peut être utilisée dans le cas de reboisement à petite ou à grande échelle et de haie vive localement par des populations rurales.

L'étude a montré que les macroboutures de moins de 1,30 à 0,50 mètres sont recommandées pour un bon rendement et une bonne économie de la ressource. Le bouturage direct sur le terrain permet des économies d'argent et il minimise le temps de travail, technique sylvicole à peu de frais. Le problème majeur de cette méthode de multiplication végétative est l'approvisionnement en boutures. D'autres contraintes peuvent être les ennemis biologiques comme le montre la photo 10.

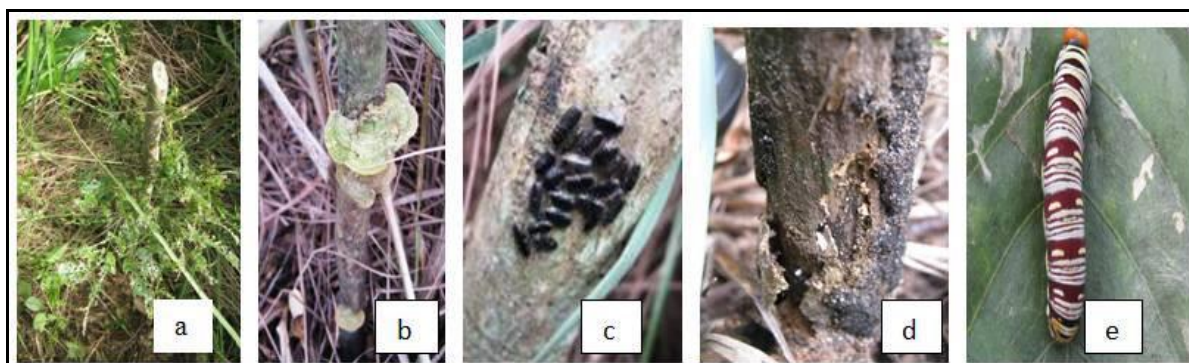


Photo 10: Les différents ennemis rencontrés sur le Wengé à Ibi-village: a) Feuilles attaquées par les chenilles d'Antheua, b) Présence de champignons sur les macroboutures, c) Présence des insectes ravageurs sur les macroboutures, d) Macrobouture morte et pourrie

V.3 : Étude comparative du système racinaire de *M. laurentii* issu de trois types de plantation (Semis direct, plante de sachet et de macrobouture)

L'étude comparative de système racinaire de *M. laurentii* issu de trois types de plantation, de semi direct (1), de sachets en plastique (2) et de macrobouture (3) a été faite dans le but de comparer le développement de parties souterraines de cette espèce dans des conditions de plantation différente (Tableau 8). Les données présentées sont des moyennes obtenues de 3 plantules pour chaque cas, soit un total de 9 plantules.

Tableau 8: Développement de système racinaire de *M.laurentii*

Paramètres	semis direct	pépinière	Macrobouture
Hauteur moyenne de la plante (cm)	125	132	130
Diamètre moyen au collet (cm)	1,4	1,6	3,7
Nombre de racine pivotante	1	0	0
Nombre moyen de racines secondaires	8	2	5
Nombre moyen de radicelles	40	65	64
Profondeur moyenne au sol (cm)	68	45	42
Nodules	1	0	0

Les résultats issus de ces observations (Tableau 8) montrent que les plants d'une même espèce plantés dans des conditions différentes présentent des morphologies différentes de système racinaire. Chez les plantes issues du semis direct (photo 11.a), il y a développement d'une racine pivotante issue de la graine, sur la quelle prennent naissance plusieurs racines secondaires et des nombreuses radicelles qui permettent de fixer la plante.

Chez les plantes ayant passé un temps à la pépinière dans un sachet en plastique (photo 11. b), il y a par contre développement de deux racines de même dimension au même endroit avec des nombreuses racines secondaires. Chez les plantes issues de la macrobouture, il y a naissance de 5 racines toutes semblables (aux racines fasciculées) partant toutes de la base avec 64 radicelles (Photo 11.c).

La longueur du pivot est plus importante chez les plantes du semis direct soit 68 cm que chez les plantes issues de sachet en plastique (45 cm) et celles de macrobouture (42 cm). La présence de nodules a été également observée chez les plantes de semis direct alors qu'elles sont absentes lors de nos observations chez les plantes issues de pépinière et de macrobouture. Le nombre de feuilles (58) relativement élevé chez les plantes de macrobouture se justifie par le nombre de rejets produits par cette dernière.

Chez les plantes du semis direct, la racine pivotante a précédé l'apparition de cotylédons tandis que chez les macroboutures, le bourgeonnement a précédé l'apparition des racines.

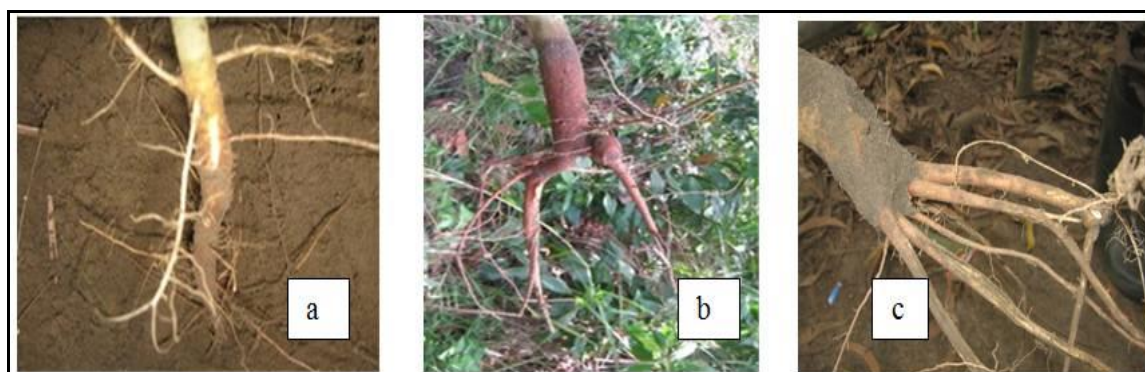


Photo 11: Adaptation morphologique des racines : a) racine de plante de semis direct, b) racine de plante de pépinière, c) racine de plante de provenant de la macrobouture

V.4 : Étude de l'effet de lisière et de litière

Cette partie des résultats a fait l'objet d'une publication intitulée "Effets de lisière et de litière dans des savanes mises en défens contre les feux à Ibi-village/République Démocratique du Congo" par NSIELOLO K.R.¹⁻², LEJOLY J.³, et ALONI K. J.⁴ dans la revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo. Vol. 5, 2015, pp. 54-62.

Les résultats de cette partie de notre étude analysent l'effet de la mise en défens contre le feu de la savane sur l'évolution de la végétation. La liste des espèces inventoriées dans les différents milieux étant trop encombrante, nous donnons des tableaux synthétiques de nom complet pour chaque espèce recensée en annexes 17, 18, 19 et 20 de notre travail. 32 placettes inventaires botaniques de 5x5 m soit 25 m² ont été réalisés dans chacun des traitements suivants : la savane témoin (savane qui brûle chaque année), la savane mise en défens ; à l'ombre des noyaux forestiers (effet de litière) et la lisière (effet de lisière), située entre deux noyaux forestiers voisins. Les résultats des inventaires floristiques dans le tableau 9 après deux ans de mise en défens, ont permis d'identifier 132 espèces végétales appartenant à 110 genres et 49 familles. Ces résultats ont montré clairement une augmentation du nombre de pieds d'espèces dans la savane mise en défens qui, après deux ans, est passé de 994 à 5049 soit de 9,1 à 46,1%. Les espèces telles que *Alchornea cordifolia*, *Chaetocarpus africanus*, *Gaertnera paniculata* habituellement observées de la galerie forestière y sont développées.

Par contre la savane témoin est restée stable, caractérisée par la dominance des graminées et un petit nombre des ligneux (*Bridelia ferruginea*, *Dialium englerianum*, *Hymenocadia acida*) qui la caractérise habituellement.

Tableau 9: Nombre d'espèces inventoriées dans les 4 traitements

Traitements	Nombre d'espèces	Moyenne d'espèces	Total d'espèces/ Traitement	Moyenne d'espèces/ Traitement	%	Nombre de familles
ST	43	7,5±27,2	994	19,1	9,07	26
SD	39	7,4±23,1	977	17,3	8,91	29
LT	84	29,8±97,2	3935	16,6	35,92	38
LS	88	38,2±161,4	5047	14,5	46,07	44
Total	254		10953		100	

Légende : ST: savane témoin, SD: savane mise en défens, LT: Litière, LS: Lisière

Dans le tableau 9, nous avons effectué 32 inventaires botaniques dans chaque traitement, soit un total de 128 inventaires. Les résultats révèlent 994 pieds d'espèces différentes dans la savane témoin, 977 dans la savane mise en défens, 3935 dans la litière et 5047 dans la lisière. Nous constatons en même temps que les moyennes ne sont pas égales (H_0), au moins une moyenne est différente des autres (H_1). Ainsi dans LT et LS les moyennes s'écartent significativement soit $29,8 \pm 97,2$ contre $38,2 \pm 161,4$; nous rejetons donc l'hypothèse H_0 .

43 espèces végétales ont été inventoriées dans la savane témoin (ST), 39 dans la savane mise en défens (SD), 84 à l'ombre de noyaux des forestiers (LT) et 88 dans la lisière qui est l'espace entre deux noyaux forestiers (LS). Le nombre d'espèces a été variable dans chaque traitement, mais la moyenne d'espèces par relevé a donné 19,1 dans ST, 17,3 dans SD, 16,6 dans LT et 14,5 dans LS; réparties respectivement dans 26, 29, 38 et 44 familles.

Nous avons constaté que le nombre d'espèces a diminué par relevé alors que la diversité spécifique a augmenté de la savane témoin vers la lisière. Les écart-types augmentent avec le nombre d'espèces par traitement, l'analyse en composante principale illustre leur regroupement (Fig.27).

Tableau 10: Analyse de la variance à un seul facteur en nombre d'espèces de 4 traitements étudiés

Source des variations	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	P
Entre traitements	977779,9	3	32593,3	3,546	0,014
A l'intérieur de traitement	48160660	524	9190,9		
Total	4913840	527			

Avec : ddl=Degré de liberté ; F= Fisher ; P=Probabilité

Dans le tableau 10, nous remarquons que la probabilité (P) est inférieure au seuil de signification 0,05 soit 0,014, on rejette l'hypothèse nulle (H0), donc la différence en nombre des pieds d'espèces est significative entre les 4 traitements, ce qui revient à dire que les deux derniers écosystèmes (LT et LS) ont montré une fréquence des espèces significativement élevée que les deux autres traitements (ST et SD). La moyenne des carrés est trois fois supérieure à l'intérieur de traitement qu'entre les traitements soit 32593,3 contre 9190,95. Les résultats en nombre d'espèces végétales inventoriées dans les quatre traitements (ST, SD, LT et LS) sont donnés dans le tableau 11.

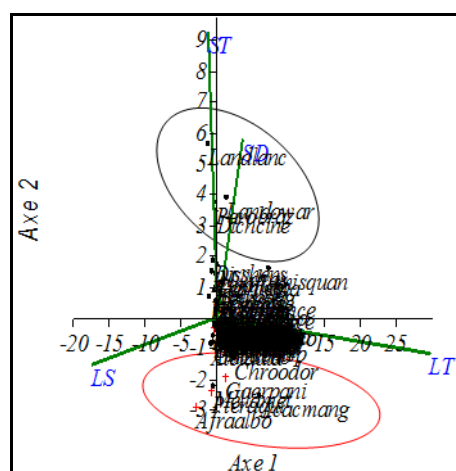


Figure 27: Analyse en Composante Principale

chaque espèce a été abrégée par 8 lettres dont 4 lettres génériques et 4 lettres spécifiques



Photo 12: Savane mise en défens à

Ibi-village : *Hymenocardia ulmoides* a atteint 8m de hauteur après 2ans.

La savane témoin, par le fait qu'elle brûle chaque année, a été caractérisée par des espèces annuelles (*Asparagus flagellaris*, *Indigofera congesta*) et quelques espèces ligneuses typiques de cette savane (*Hymenocardia acida*, *Bridelia ferruginea*).

Dans la savane mise en défens pendant deux ans, le nombre d'espèces herbacées a diminué au profit des espèces ligneuses telles que *Chaetocarpus africanus*, *Hymenocardia ulmoides*, *Gaetnera paniculata* de la galerie forestière voisine et par conséquent une modification du tapis herbacé. Ce constat est appuyé également par l'analyse factorielle (Fig.27) par le fait que la litière et la lisière discriminent en commun un certain nombre d'espèces indicatrices de la régénération forestière. Le nombre des familles est aussi plus élevé dans la lisière des noyaux forestiers (44) et plus faible dans la savane témoin (26) comme le témoigne la figure 28 ci-dessous.

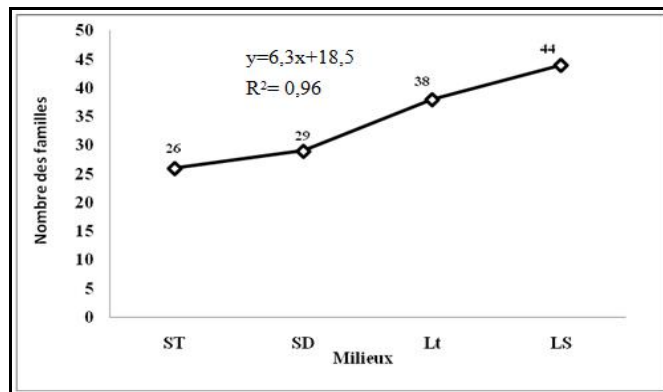


Figure 28: Nombre des familles dans les 4 traitements

Ceci est lié au fait que la savane témoin a été plus dominée par des graminées annuelles alors que la lisière des noyaux forestiers de la savane mise en défens a changé de physionomie qui est dominée par les ligneux. La liste des familles identifiées est reprise dans la figure 29 ci-dessous.

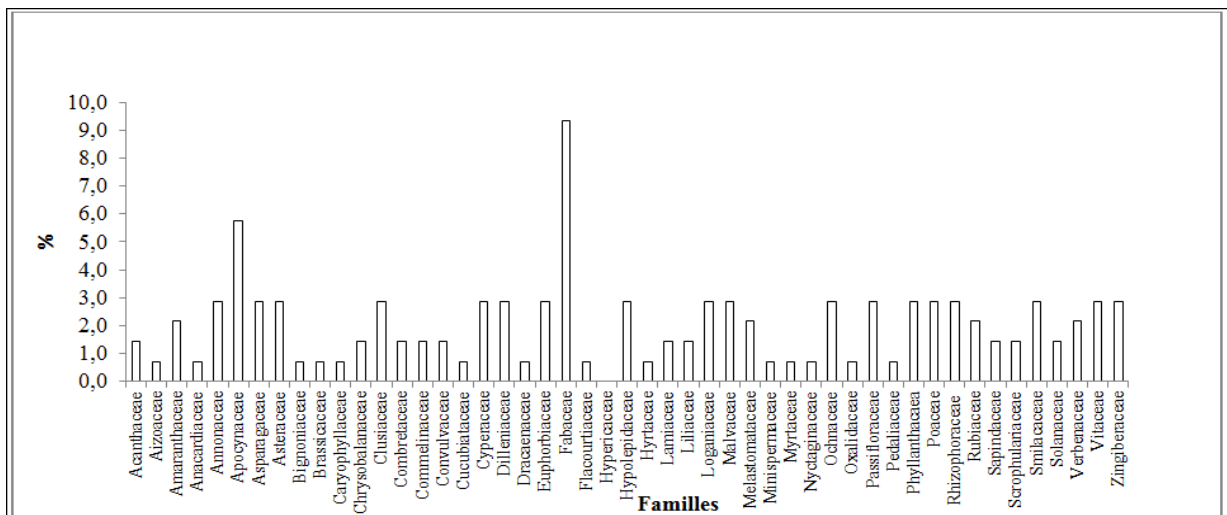


Figure 29: Les familles identifiées dans les quatre milieux

Il ressort de cette figure que, les familles les plus recensées sont les Fabacées (9,4%) et les Apocynacées (5,8%).

V.5 Indices de diversité biologique

Les indices de diversité biologique ont été calculés pour chaque traitement, les principaux résultats sont présentés dans le tableau 11 ci-dessous.

Tableau 11: Indices de diversité des formations végétales

Ecosystèmes	ST	SD	LT	LS
Abondance (N)	994	977	3935	5047
Abondance moyenne (N')	7,5	7,4	29,8	38,2
Richesse spécifique (S)	43	39	84	88
Moyenne de richesse spécifique (S')	19,1	17,3	16,6	14,5
Shannon (H)	2,75	2,84	2,95	2,52
Simpson (1-D)	0,89	0,91	0,91	0,85
Equitabilité (J)	0,73	0,77	0,66	0,56
Berger-Parker (D)	0,22	0,14	0,15	0,24

L'abondance représente la somme du nombre d'individus de chaque espèce contenue sur l'ensemble d'une station. L'abondance est de 5047 individus pour la lisière (LS), alors que la savane mise en défens ne compte qu'un maximum de 977 spécimens.

La richesse spécifique (S) renseigne sur le nombre d'espèces observée pendant l'inventaire, elle est élevée dans la lisière (LS) 46% soit 88 individus suivi de la litière (LT) 36% soit 84 individus puis faible dans la savane mise en défens (SD) 9% soit 39 individus. Par contre, la savane témoin (ST) présente une richesse élevée (19%) par rapport à la savane mise en défens, 17% par le fait que qu'elle brûle chaque année. Elle est caractérisée par un grand nombre d'espèces annuelles qui semblent diminuer dans la savane mise en défens au profit des ligneux en petit nombre. L'indice de Shannon (H) a permis d'évaluer la diversité des espèces, nous constatons qu'elle est inférieure à 3 bits dans les quatre milieux, ce qui revient à dire que les quatre milieux semblent être faiblement diversifiés.

L'équitabilité de Pielou (E) exprime la régularité ou l'équitable répartition des individus, elle est de 0,56 < 0,6 dans LS et est comprise entre 0,6-0,8 dans ST, SD et LT, ce qui nous permet de dire que les espèces sont faiblement équilibrées dans LS et moyennement équilibrées dans les trois autres formations végétales (ST, SD et LT).

V.6. Indice de mortalité

La figure 30 présente les variations des indices de mortalité de *M. laurentii* calculés dans les placettes des noyaux forestiers et des macrobutures.

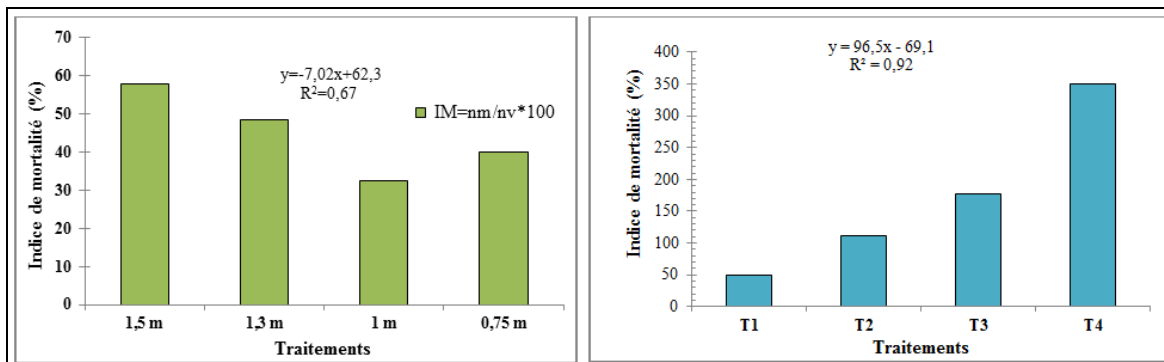


Figure 30: Indice de mortalité de *M. laurentii* dans les placettes de n.f a) et de macrobutures b)

L'indice de mortalité (**Im**) dans les noyaux forestiers est plus élevé dans le quatrième traitement 3,5% où *M. laurentii* est totalement à la lumière et moins élevé 0,5% dans le premier traitement où il est entièrement à l'ombre des *A. mangium*. Il est relativement élevé dans le deuxième et troisième traitement (1,1%) contre 1,8% (Fig.30.a). Par contre dans les macrobutures, cet indice décroît avec la hauteur de la macroboture, il est plus élevé dans le premier traitement chez les individus de 1,5m (0,6%) et diminue jusqu'à deux fois moins (0,3%) dans le troisième traitement chez les individus de 1m. Le quatrième traitement (0,75m) vient en troisième position (0,4%) par ce qu'il a été constitué des quelques macrobutures des extrémités des tiges moins vigoureuses (Fig.30.b).

V.7 : Évolution de la température dans les 4 écosystèmes

Les coordonnées géographiques de chaque site d'abri ont été prélevées et les résultats sont présentés dans le tableau 12 ci-dessous.

Tableau 12: Les repères de thermomètres dans les quatre types d'écosystème

Ecosystèmes	Latitude	Longitude	Altitude
Savane témoin	S 04°22'49''	Eo 16°07'56''	666m
Savane mise en défens	S 04°19'36''	Eo 16°07'22''	601m
Lisière	S 04°19'36''	Eo 16°07'35''	585m
Forêt	S 04°19'32''	Eo 16°07'29''	548m

L'évolution moyenne de la température mensuelle dans chaque écosystème est présentée de la manière suivante:

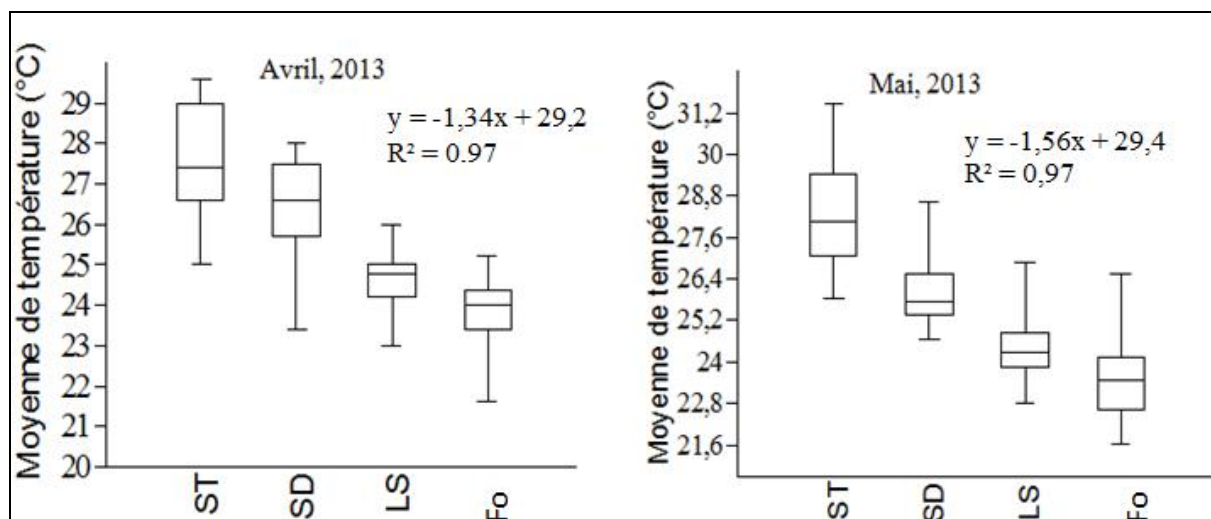


Figure 31: Evolution de la température moyenne mensuelle aux mois d'avril et mai 2013 dans les 4 écosystèmes

Légende

ST: Savane Témoin, SD: Savane mise en défens, LS: Lisière, Fo: Forêt

Il ressort des observations de la Figure 31 qu'en avril 2013; la savane témoin a été le milieu le plus chaud avec une moyenne journalière de température de $27,6^{\circ}\text{C} \pm 1,3$ suivie de la savane mise en défens avec une moyenne journalière de $26,5^{\circ}\text{C} \pm 1,1$; la lisière avec $24,6^{\circ}\text{C} \pm 0,7$ et la forêt avec $23,8^{\circ}\text{C} \pm 0,7$. Les valeurs moyennes maximales observées ont été de $29,6^{\circ}\text{C}$ dans la savane témoin, $28,0^{\circ}\text{C}$ dans la savane mise en défens, $26,0^{\circ}\text{C}$ dans la lisière et $25,2^{\circ}\text{C}$ dans la forêt, tandis que les valeurs moyennes minimales ont été de $25,0^{\circ}\text{C}$ dans la savane témoin, $23,4^{\circ}\text{C}$ dans la savane mise en défens, $23,0^{\circ}\text{C}$ dans la lisière et $21,6^{\circ}\text{C}$ dans la forêt. L'analyse de la variance à un seul facteur a révélé qu'il existe une différence significative entre les 4 écosystèmes ($P=0,00$).

Au mois de mai 2013, la figure 31 montre que la savane témoin est toujours le milieu le plus chaud avec une température moyenne mensuelle de $28,1^{\circ}\text{C} \pm 1,4$; suivi de la savane mise en défens avec $26,0^{\circ}\text{C} \pm 1,0$. La lisière et la forêt ont enregistré respectivement $24,3^{\circ}\text{C} \pm 0,8$ et $23,4^{\circ}\text{C} \pm 1,0$. Les valeurs moyennes maximales enregistrées ont été de $31,4^{\circ}\text{C}$ dans la savane témoin, $28,6^{\circ}\text{C}$ dans la savane mise en défens, $26,8^{\circ}\text{C}$ dans la lisière et $26,5$ dans la forêt, tandis que les valeurs moyennes minimales ont été de $25,8^{\circ}\text{C}$ dans la savane témoin, $24,6^{\circ}\text{C}$ dans la savane mise en défens, $22,8$ dans la lisière et $21,6^{\circ}\text{C}$ dans la forêt. Il se dégage de ces observations que la différence a été significative ($P=0,00$) entre les quatre différents milieux.

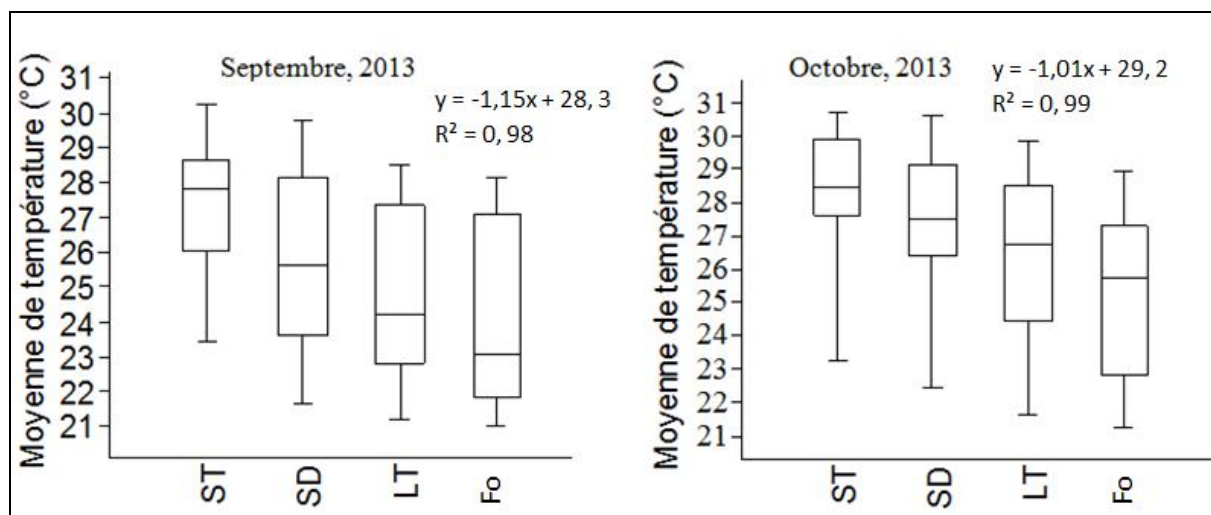


Figure 32: Évolution de la température moyenne mensuelle aux mois de septembre et octobre dans les 4 écosystèmes

En septembre 2013 (Fig.32), la moyenne de température mensuelle enregistrée a été de $27,4^{\circ}\text{C} \pm 1,8$ dans la savane témoin, $25,8^{\circ}\text{C} \pm 2,3$ dans la savane mise en défens, $24,8^{\circ}\text{C} \pm 2,3$ dans la lisière et $23,8^{\circ}\text{C} \pm 2,5$ dans la forêt. Les valeurs moyennes maximales ont été de $30,2^{\circ}\text{C}$ dans la savane témoin, $29,8^{\circ}\text{C}$ dans la savane mise en défens, $28,5^{\circ}\text{C}$ dans la lisière et $28,1^{\circ}\text{C}$ dans la forêt, alors que les valeurs moyennes minimales ont été de $23,4^{\circ}\text{C}$ dans la savane témoin, $21,6^{\circ}\text{C}$ dans la savane mise en défens, $21,2^{\circ}\text{C}$ dans la lisière et $21,0^{\circ}\text{C}$ dans la forêt. L'analyse de la variance à un facteur nous a révélé que les valeurs moyennes de température mensuelles ont connu une différence significative ($P=0,00$) entre les quatre milieux. En octobre 2013 (Fig.32), la moyenne de température mensuelle a été de $28,2^{\circ}\text{C} \pm 1,9$ dans la savane témoin, $27,1^{\circ}\text{C} \pm 2,3$ dans la savane mise en défens, $26,1^{\circ}\text{C} \pm 2,4$ dans la lisière et $25,2^{\circ}\text{C} \pm 2,4$ dans la forêt. Les moyennes maximales ont été de $30,7^{\circ}\text{C}$ dans la savane mise en défens, $30,6^{\circ}\text{C}$ dans la savane mise en défens, $29,8$ dans la lisière et $28,9$ dans la forêt. Les valeurs minimales ont été de $23,2^{\circ}\text{C}$ dans la savane témoin, $22,4^{\circ}\text{C}$ dans la savane mise en défens, $21,6$ lisière et $21,2$ dans la forêt. Entre les quatre milieux, une différence significative a été enregistrée ($P=0,00$).

Chapitre VI : Discussions

VI.1 Croissance en hauteur et en diamètre de *M. laurentii* dans les noyaux forestiers

Les résultats du tableau 2 montrent que la croissance de *M. laurentii* en hauteur dans les différents traitements des noyaux forestiers a connu de variations importantes. Le tronc est monocaule et file sous l'effet d'ombrage des *A. mangium* (T1 et T2), contrairement à son voisin (T4) en pleine lumière dont les premières fourches sont basses, formant des arbres aux troncs multicaules comme l'ont déjà noté REVERSAT et *al.*, (1993). Nos résultats rejoignent aussi les observations de GNAHOUA et *al.*, (2003) selon lesquelles, les *A. mangium* sont des espèces à croissance rapide et se sont montrés capables, dans une première étape, à couvrir rapidement le sol, à créer une ambiance forestière, ce qui a obligé *M. laurentii* à filer.

De même, CNRA, (2001) signale que l'*A. mangium* est une espèce à croissance rapide, qui en association culturale, peut servir pour le contrôle de développement en hauteur de certaines espèces. Ces résultats corroborent ceux de plusieurs auteurs comme, OSWALD, (1981); MESSIER, (2000); DUPRE, (1986); in BOUTRAY, (2004) qui estiment que la croissance en longueur est aussi sous l'influence des conditions initiales du fait que les plants allouent plus de biomasse à leur tige lorsque l'éclaircie diminue. De ce fait, on observe des formes différentes à l'ombre et à la lumière : - les plants à l'ombre sont plus élancés, - la lumière influence la morphologie du jeune plant en augmentant le degré de ramification et le nombre de pousses d'exploration entre ombre et lumière, - le nombre de ramifications (fourches et branches) est plus important à la lumière qu'à l'ombre. Toute-fois cette différence dans l'exigence de lumière reste difficile à établir c'est-à-dire de distinguer les effets de la disponibilité en lumière de celle de la concurrence avec la végétation voisine, (OUEDRAOGO et *al.*, 2014).

Le passage de la forme juvénile à la forme adulte représente une transformation profonde de la morphologie de la plante, une véritable métamorphose. La forme juvénile est érigée et de hauteur modeste, restant dans l'ombre des sous-bois comme l'a déjà constaté, CREMERS, (1973). Son tempérament est semi-héliophile, (MENGA, 2012), sciaphile modéré, (DOUCET, 2003) et sa distribution est agrégée, (MENGA, 2012; ALGOËT, 2008).

Quant à la croissance en diamètre, les résultats du tableau 4 montrent que la croissance en diamètre n'a pas connu des variations importantes entre les différents traitements; le maximum de diamètre (67,4%) d'individus diminue avec l'augmentation de la classe de diamètre des arbres comme le signalent aussi SORO et *al.*, (2009); DUPY, (1998) et MENGA, (2012) qu'un nombre élevé des tiges de petit diamètre diminue lentement, au fur et à mesure que le diamètre des arbres augmente. La moyenne d'accroissement annuel dans les quatre traitements a été de $0,6 \pm 0,02$ cm/an, à l'état jeune dans les noyaux forestiers. Les valeurs trouvées dans la littérature des rares études de suivi des parcelles sont variables, (DEVINEAU, 1991); celles de l'étude sur l'écologie des peuplements naturels de *M. laurentii* dans la région du lac Mai-Ndombe en RD Congo donnent un accroissement moyen annuel de 0,44 cm/an, (MENGA, 2012). Une autre étude de la phénologie et de la régénération de 96 tiges de *M. laurentii* de 10 à 90 cm de diamètre en RD Congo a fourni une valeur moyenne d'accroissement annuel de 0,3 cm/an, (ALGOËT, 2008), tandis que l'étude sur l'évaluation de la biomasse d'un peuplement de *Millettia laurentii* de Wild. de la plantation de Kinduku à l'Université de Kinshasa (R.D. CONGO) a donné un accroissement moyen annuel de 0,8 cm/an, (MPALANGA et *al.*, 2015).

Pour les essences commerciales, DURRIEU et *al.*, (1998) signalent que les accroissements annuels moyens sont de l'ordre de 0,37 à 0,52 cm/an sur le diamètre, ces valeurs se rapprochent de celles que nous avons trouvées dans les placettes de la régénération.

Les différences des résultats en accroissement constatés par les différents auteurs pourraient être dues au milieu, à l'écologie et au statut des individus étudiés. Cependant, la variabilité des méthodologies employées pour le suivi de la régénération est d'autant plus qu'elle s'accompagne d'une diversité relative des résultats, (ALGOËT, 2008); pour GAUDIN (1996), l'accroissement peut varier très fortement entre un gros bois et un petit bois et les moyennes calculées sur un peuplement recouvrent parfois une très forte hétérogénéité. Les conditions environnementales et le statut de l'individu influent aussi considérablement sur la croissance de cet dernier. Cet argument vient conforter aussi celui de NOLET, (2003), selon lequel les tiges les plus vieilles offrent une croissance en diamètre statistiquement moins élevée que les tiges les plus jeunes. Nous pouvons dire que l'accroissement est environ deux fois plus grand à l'état jeune qu'à l'état adulte, fait normal pour tout organisme vivant qui a une croissance plus importante à l'état juvénile qu'à l'état adulte. Le diamètre de fructification est de 10 cm, (MENGA 2012) et 20 cm selon ALGOËT, (2008).

Toute fois, le suivi de parcelles expérimentales reste donc le plus souvent une nécessité pour évaluer la production et analyser les rythmes de croissance des arbres. Le taux de mortalité de jeunes plants durant les six premiers mois a varié de 33 à 78% selon que les plants étaient à l'ombre d'*A. mangium* ou en pleine lumière. Cependant ce taux de mortalité élevé au stade juvénile chez *M. laurentii* décroît au fur et à mesure que les plantes grandissent, (MENGA, 2012) ; il est aussi plus élevé dans les tiges de petites dimensions qui sont les plus nombreuses dans les peuplements à structure irrégulière, (ALGOËT, 2008; BOCQUET, 2005; DUPUY, 1998 et MENGA, 2012).

Les causes de mortalité de certaines jeunes plantes au plateau des Batéké ont été attribuées aux herbivores qui ont été aperçus à plusieurs reprises sur le terrain aux premières heures de la journée pour brouter les bourgeons apicaux de jeunes Wengé en pleine croissance. Lorsque la couverture de la végétation est devenue dense dans les noyaux forestiers, on n'a plus observée des pertes occasionées par les prédateurs, puisque les jeunes Wengé sont restés inaperçus à leur passage.

On peut ajouter à ces causes de mortalité, d'autres facteurs d'ordre climatique et physiologiques. Au point de vue climatique, les Wengés en pleine lumière ont subi un choc de chaleur. En effet, les mesures de température prélevées pendant quelques temps dans des différents traitements (Fig. 31 et 32) montrent que celle-ci est beaucoup plus élevée dans la savane témoin (ST) et même dans la savane mise en défens (SD) que dans la lisière (LS) et la galerie forestière (Fo). Sur le plan physiologique, ces températures élevées ont certainement favorisé une évapotranspiration plus forte chez les jeunes Wengés en pleine lumière que ceux couverts d'*A. mangium* et de manioc dans les noyaux forestiers (Tableau 6).

Par ailleurs, dans les noyaux forestiers, les *A. mangium* qui entourent les Wengés par la réaction endergonique de la photosynthèse des *A. mangium* ont pu diminuer la température comme on peut l'observer dans la galerie forestière et la lisière (Fig. 31 et 32), il s'en est suivi d'une moindre évapotranspiration et donc d'une moindre perte d'humidité du sol par rapport à la savane.

VI.2. Intérêt des calculs d'accroissement

Selon GAUDIN (1996) l'intérêt des calculs d'accroissement permet de quantifier le flux des jeunes arbres qui poussent pour remplacer les vieux qui sont exploités. Savoir comment la forêt peut être utile :

- **au sylviculteur** : cela lui permet de connaître la croissance différentielle des essences sur une station donnée, de mieux raisonner sa sylviculture ;
- **à l'aménagiste** : avoir une connaissance sur l'évolution de la forêt, il peut analyser le passé et prévoir les récoltes ;
- **à l'écologue** : il peut comparer les stations entre elles et annoncer une productivité par essence et par type de station.

VI.3. Relation hauteur-diamètre de l'arbre

La relation hauteur-diamètre de l'arbre a été étudiée par plusieurs auteurs comme BOUTRAY, (2004); NOLET, (2003); POULIN et *al.*, (2008); BERNIER et *al.*, (2004); PELISSIER,(1995), ces auteurs ont démontré qu'il existe une relation linéaire entre la hauteur et le diamètre de l'arbre, néanmoins pour de petits arbres, cette relation est moins forte en terme de R^2 comme le montrent la planche des figures 33.a, b, c et d suivantes.

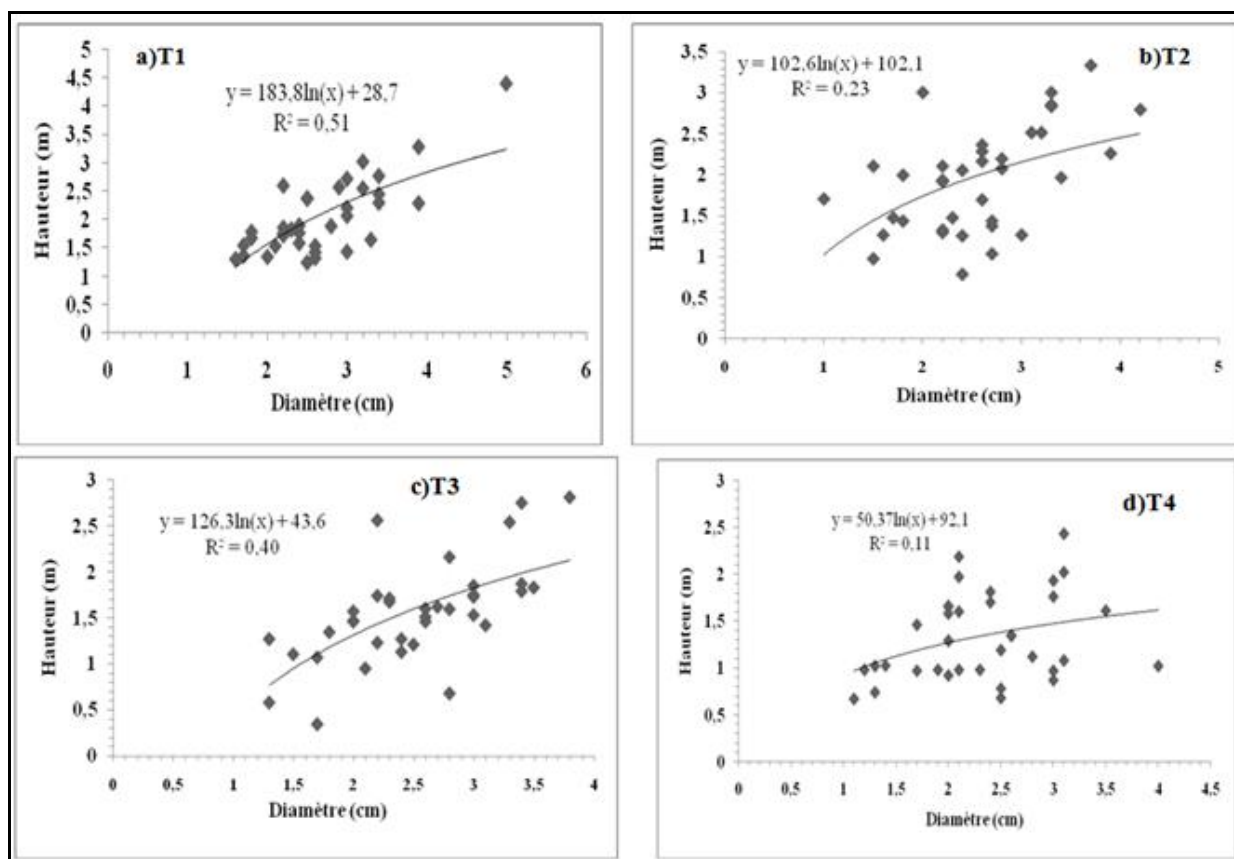


Figure 33: Relation hauteur-diamètre de *M. laurentii* par traitement dans les NF à Ibi

Le calcul a été effectué par une régression linéaire sur les logarithmes népériens de la relation hauteur-diamètre dans l'ensemble des individus de chaque traitement, ce qui donne une droite d'équation générale de la forme $y = a \ln(x) + b$, le coefficient de détermination R^2 augmente avec la croissance des arbres dans le traitement. Néanmoins pour de petits semis, il n'y a pas de grandes différences, (BOUTRAY, 2004). La relation entre le rapport hauteur/diamètre d'une plante et son stade de développement architectural a été mise en évidence par OLDEMAN (1974) in PELISIER (1995).

VI.4. Effets bénéfiques des cultures en association

Selon DUPUY (1998), l'association d'espèces de couverture, permet d'assurer une protection des sols, limitent aussi le développement d'adventices indésirables propres à favoriser la propagation des feux de brousse au sein des plantations. Les espèces associées peuvent avoir un impact positif direct (légumineuses) ou indirect (stockage dans l'humus) sur les réserves minérales des sols ainsi que sur leur bilan hydrique.

Dans ce cas, l'espèce d'accompagnement (*Acacia mangium*) a pour vocation principale de protéger ou d'améliorer les sols, de lutter contre l'enherbement et le développement des espèces indésirables (*Chromolaena*, *Imperata...*), de réduire le risque de propagation de feux de brousse (*Manihot esculenta*), et d'essayer de limiter l'impact des attaques parasitaires. *Acacia mangium* a donc essentiellement une vocation culturale. On utilise souvent des légumineuses qui présentent l'avantage de combiner une bonne protection physique du sol et une capacité à l'enrichir en éléments minéraux notamment en Azote. Dans les mélanges avec une vocation mixte, combinant production et protection, une espèce à vocation de bois d'œuvre à moyen ou long terme (supérieure à vingt ans) tel est le cas de *M. laurentii* est alors associé à vocation sylvicole.

VI.5. Les macroboutures

La survie des macroboutures ainsi que le succès de nombre des bourgeons (tableaux 5, 6 et Photo.9 c) dépendent de la hauteur de la macrobouture ; les macroboutures les plus courtes de T3 et T4 ont rejeté plus facilement et donné un bon taux de bourgeonnement et de survie (NSIELOLO et *al.*, 2015).

Les observations ont montré également que plus de 80% de bourgeons se sont développés à la base et au milieu pour toutes les macroboutures, mais beaucoup de bourgeons se sont desséchés et sont tombés pendant la saison sèche, il ne subsistera plus après deux mois environ 6 bourgeons vivants au maximum tous localisés de 0 à 50/60 cm de hauteur. Ces résultats corroborent ceux de YOSSI et *al.*, (2002) cités par YOSSI et *al.*, (2006) et NSIELOLO et *al.*, (2015) qui indiquent que les boutures de 1 m de longueur assurent le plus fort taux de survie; elles sont suivies par les boutures de 0,50 à 0,75 m de longueur. L'avantage de macroboutures est d'obtenir, dès la première année de plantation, de jeunes arbres qui assurent alors un premier ombrage susceptible de gagner le dessus sur les graminées, (LOUBRY, 2002).

Le bourgeonnement précoce (ici deux mois seulement après plantation) c'est-à-dire avant le développement de la rhizogènèse a été également observé par certains auteurs qui l'attribuent aux réserves contenues dans la tige, (KAMBOU, 1992; BATIONO, 1994) in MAMADOU (2000). Dans ce sens MAMADOU (2000) qui a étudié la phénologie, la régénération naturelle et des les usages de *Piliostigma reticulatum* en zone nord soudanienne du Burkina Faso pense que le facteur diamètre jouerait un rôle déterminant dans le succès des essais, les boutures des

rameaux juvéniles et celles des parties apicales ne donne pas généralement un bon rendement parce que les jeunes rameaux viables ne contiendraient pas de réserves nutritives suffisantes pour permettre un éventuel bourgeonnement; ces résultats rejoignent ceux de YOSSI et *al.*, (2006) selon les quels en général les boutures prises à la base du tronc ont plus de chance de réussir que celles prises à l'extrémité des branches; ceci expliquerait sans doute la mortalité élevée dans les traitements utilisant les macroboutures plus longues.

Le quatrième traitement (T4) avec 0,75cm suggère une nouvelle hypothèse de recherche intéressante; le fait que ces macroboutures aient gardé quasiment presque le même nombre de bourgeons tout au long de l'expérience pourrait signifier qu'il y avait là le nombre seuil critique de bourgeons à ne pas dépasser sous peine d'une compétition en nutriment qui se traduirait tôt au tard par l'élimination de certains d'entre eux.

Il est en effet curieux de constater au 12^{ème} mois, que le nombre de rejets résiduels de survivants est comparable (~ 6) à peu de chose près quel que soit le traitement. Ce qui doit être avantageux pour espérer avoir des rejets vigoureux, surtout s'ils se développent dans la partie inférieure de la macrobouture, pour la conduite de la plantation en monocaulie ; le bouturage permet aussi d'obtenir rapidement des individus vigoureux, (OUEDRAOGO, 1998).

Pour lutter contre les animaux herbivores, l'expérience a confirmé l'avantage de la morphologie de systèmes racinaires pivotants mono axiaux dont selon FUSCIDERE, (1987); LEROUX et *al.*, (1994); MGUI et *al.*, (2005) in LAAMOURI et *al.*, (2008) la longueur de la racine principale signifie un enracinement profond, qui se développe verticalement (orthogéotrope). Elle est privilégiée par les plantes de semis direct (NSIELOLO et *al.*, 2015); elle permet de mieux fixer la plante et d'empêcher les animaux de la déterrer (YOSSI et *al.*, 2006). Pour la plante issue de sachet, (OUEDRAOGO, 1988) indique que ces plantes ont généralement un pivot qui se ramifie, comme cela s'est produit dans notre expérience souvent aux environs de 20 cm; cette dimension correspondrait quelque fois à la hauteur de sectionnement du fond du sachet à la transplantation; elle provoque des ramifications du pivot des individus alors que les boutures ont des systèmes racinaires denses; ces racines se résorbent pour ne laisser que deux à huit racines à développement inégal.

VI.6. Densité et diversité spécifique dans la savane témoin et la savane mise en défens

Il ressort des tableaux 9 et 11 que la densité spécifique a augmenté substantiellement dans la lisière avec 46% alors qu'elle est de 35% sous la litière, 9% dans la savane témoin contre 8% dans la savane mise en défens. Ces observations confortent celles d'IYONGO et *al.*, (2012), selon lesquelles la zone de lisière est le milieu le plus riche et le plus diversifié. Les écarts-types faibles observés dans la savane mise en défens ($\pm 23,0$) et dans la savane témoin ($\pm 27,2$) montrent que les valeurs sont relativement concentrées autour de la moyenne et que la végétation regroupe des individus aux caractéristiques relativement homogènes; par contre ils sont élevés dans la litière ($\pm 97,1$) et dans la lisière ($\pm 161,3$) ce qui signifie que de valeurs sont dispersées autour de la moyenne, (MARCEAU, 2011) et que la végétation regroupe des individus aux caractéristiques relativement hétérogènes.

Cette diversité serait liée au fait que la lisière réunit non seulement les conditions écologiques des milieux qu'elle sépare mais aussi par ce qu'elle détient, en plus de ses propres espèces, une partie des espèces des habitats adjacents, rappellent HARPER et *al.*, (2005) in AUDREY, (2010) qui considèrent l'effet de lisière comme la résultante des processus qui s'y opèrent et qui sont à l'origine de différences de structure, de composition ou de fonction par rapport aux écosystèmes adjacents. Elle correspond aux variations des conditions environnementales et des descripteurs de la végétation (richesse spécifique, composition, abondance) en fonction de la distance.

Cet effet de lisière est à l'origine des différences de structure, de composition ou de fonction par rapport aux écosystèmes adjacents, (HARPER et *al.*, 2005) in (BARARUNYERETSE et *al.*, 2012). La lisière forme, ainsi, une sorte de membrane par laquelle les bois s'accroissent ou se réduisent et par laquelle les flux de matière, d'énergie et d'organismes transitent (ALIGNIER, 2010). La zone de lisière avec une végétation assurant la transition entre la galerie forestière et la savane témoin est une zone intermédiaire comprenant une végétation mixte et une flore caractéristique de la forêt comme ce fut le cas constaté par BARARUNYERETSE et *al.*, (2012). Lors que cette zone ne subit pas des perturbations des activités humaines (feux de brousse, coupe de bois etc.), elle évolue vers la forêt (SCHWARTZ et *al.*, 1996).

Le contact entre noyau forestier et savane étant de 6 mètres et 12 mètres entre les NF; l'ombrage des NF influencerait l'arrivée des arbres, arbustes et lianes (*hymenocardia ulmoides*, *Pentaclethra eetveldeana* etc.), espèces pionnières de la colonisation de la forêt dans la lisière comme le souligna déjà De FORESTA, (1990).

L'analyse en composante principale (ACP) nous a permis d'observer le regroupement des espèces selon leurs habitats préférentiels, ainsi les espèces comme *Chaetocarpus africanus*, *Hymenocardia ulmoides*, *Gaetnera paniculata* de la galerie forestière ont été répertoriées dans la lisière et la litière des NF, signe de la régénération forestière tandis que *Landolphia lanceolata*, *Smilax anceps* et *Anisophyllea quangensis* colonisent habituellement la savane témoin (Fig.27).

VI.7. Analyses de la diversité spécifique

L'analyse de l'indice de diversité (tableau 12) nous a permis de constater que l'abondance spécifique est plus importante dans la lisière (LS) soit, 5047 pieds d'individus inventoriés ce qui représente 46% avec une abondance moyenne de 38 pieds d'individus par placette. La litière (LT) vient en deuxième position et regorge de 3935 pieds d'individus inventoriés ce qui représente 35% avec une abondance moyenne de 30 pieds d'individus.

La savane témoin (ST) semble être plus abondante que la savane mise en défens (SD) en nombre des pieds (994 contre 977) par le fait qu'elle a été caractérisée par des espèces annuelles à l'opposé de son voisin mise en défens (SD) pour qui les espèces annuelles ont commencé à disparaître au profit de ligneux (*Millettia drastica*, *Hymenocardia ulmoides*, *Albizia adianthifolia*) qui tentent de gagner le dessus sur les espèces annuelles qui n'ont qu'une courte durée de vie. La composition floristique, aussi bien sur le plan qualitatif, que quantitatif, est influencée par la mise en défens, (ACHOUR et al., 2011).

La richesse spécifique est plus élevée sous l'effet de lisière 88 espèces (46%) contre 84 espèces (35%) sous l'effet de litière, 43 espèces (9%) dans la savane témoin et 39 espèces (8%) dans la savane mise en défens. Nos résultats corroborent ceux de DJEGO et al., (2012) selon les quels la richesse spécifique (RS) varie d'une formation végétale à une autre et est relativement plus faible en savane. La moyenne des pieds d'individus par placette est de 19 dans la savane témoin, 17 dans la savane mise en défens, 16 sous l'effet de litière et 14 dans la lisière.

Quelques indices ont été utilisés, l'indice de diversité de Shannon (H) nous a permis d'évaluer la diversité des espèces végétales. L'indice de diversité au niveau des quatre zones d'étude (ST, SD, LT et LS) montrent une légère différence, ST et SD semblent présenter de tendances similaires (2,75 contre 2,84) mais avec de dispersions des variables, (OUZENNOU, 2007).

Les valeurs de l'indice de Shannon et de l'équitabilité de Piélou permettent d'appuyer les résultats de DJEGO et *al.*, (2012) selon les quels les savanes représentent un milieu homogène et spécialisé. La valeur élevée 2,95 sous l'effet de litière est expliquée par la présence des 248 pieds d'*Acacia mangium* introduits dans les noyaux forestiers.

L'équitabilité selon CAGNIANT (1989) peut être définie comme le rapport de la diversité observé et la diversité théorique maximale ; elle est d'autant plus faible 0,56 que la structure de dominance (1-D) est forte 0,85 que la diversité (H) est elle même faible 2,52 par exemple dans la lisière (tableau 11).

VI.8. Évolution floristique

La végétation a évolué différemment, la savane témoin sous l'effet de feux de brousse répétés a été dominée par des graminées. A l'opposé la savane mise en défens a connu une évolution progressive, caractérisée par des ligneux, fait bien connu par certains chercheurs notamment BADJI et *al.*, (2013); SCHWART et *al.*, (1996) et ACHOUR et *al.*, (2011) qui ont travaillé dans le même sens, c'est-à-dire sur les savanes protégées de l'incendie. De telles modifications affectent effectivement avec le temps la physionomie, la composition floristique et la structure de la communauté végétale, et en particulier, les distributions spécifiques comme lors de toute succession (VUATTOUX, (1970,1976); SPICHIGER et *al.*, (1973); MENAUT, (1977) in DEVINEAU et *al.*,(1984).

Le nombre total d'espèces est plus faible dans la savane témoin (ST) et plus élevé sous l'effet d'ombre (LT) et dans la lisière (LS), le rapport va du simple au double quand on compare les parcelles témoins (43 espèces) à celles protégées (84 et 88 espèces), à l'opposé, le nombre moyen d'espèces par relevé augmente dans la savane témoin et diminue dans la savane protégée (Tableau 11), ces résultats recourent ceux obtenus dans d'autres pays (Benin) par HOUINATO et *al.*, (2001) en étudiant l'impact des feux de brousse sur la dynamique des communautés végétales dans la forêt de Bassila.

En effet, de nombreuses plantules ont été observées comme le signalent aussi ACHOUR et al., (2011) dans le sous-bois ou dans des buissons tels que: *Pentaclethra eetveldeana*, *Macaranga monandra*, *Macaranga spinosa*, *Hymenocardia ulmoides*, *Gaertnera paniculata*, *Chaetocarpus africanus*...Ce constat vient appuyer aussi celui de SENTERRE, (2005) selon lequel, l'organisation de la diversité spécifique dans la strate du sous-bois est caractérisée d'avantage par l'existence de micro strates et de différents types d'espèces, déterminant des synusies différentes, caractérisées uniquement par les strates ligneuses de sol forestier.

VI.9. Régénération forestière et abondance des lianes

Les lianes sont souvent définies comme étant des espèces végétales ligneuses, enracinées dans la terre, qui s'appuient sur d'autres plantes pour s'élever (GENTRY 1983, PADAKI & PARTHASARATHY 2000, ALVIRAA et al. 2004, SWAINE & GRACE 2007, AGUSTINA & RICARDO 2008, VAN DER HEIJDEN & PHILLIPS 2008) in MASUMBUKO (2011).

Les lianes sont des plantes grimpantes et d'une manière plus précise, les plantes qui par la longueur de leurs entre-noeuds, leur aptitude à s'allonger, sont adaptées pour aller rechercher la lumière au sommet des arbres de forêt”.

Elles peuvent être considérées comme des végétaux dont la tige, aux entre-noeuds très allongés, croît très rapidement, elles ne peuvent se tenir dresser et s'accrocher à tout ce qui les entoure” (GATIN, 1924; OBATON, 1960) in CREMERS, (1973). Elles sont des plantes grimpantes ligneuses, représentent une partie importante des écosystèmes forestiers, (BOTOSSO et al., 2005). Ainsi, la mise en défens a favorisé la régénération des espèces particulières des lianes que nous n'avons pas rencontrées dans la savane témoin, ces espèces sont essentiellement *Dalbergia saxatilis*, *Ectadiopsis oblongifolia*, *Landolphia owariensis*, *Landolphia dewevrei* Var. *johnstonii*, *Millettia theuszii*, *Sabicea affinis* qui seraient ainsi la preuve de l'évolution de la végétation savanicole en végétation forestière.

Ce constat a été fait par d'autres chercheurs comme MULAVWA et al., (2010) qui montrent que la régénération s'accompagne aussi de la présence de plusieurs groupes d'espèces appartenant à des unités phytosociologiques très diverses, en effet on y note les espèces typiques des forêts.

Des études récentes comme celles de BONGERS et al., (2001) ont montré la contribution des lianes à plusieurs aspects de l'écologie forestière; elles contribuent de façon substantielle à la diversité des forêts, elles servent de nourriture et de pistes à parcourir pour de nombreux

animaux de forêt; elles sont largement utilisées par les populations locales, principalement, pour la médecine traditionnelle mais, également, pour la nourriture, la construction des maisons, et l'artisanat puis ensuite; elles jouent également un rôle substantiel dans la régénération des forêts et des processus tels que la transpiration et la séquestration du carbone par la forêt. D'autres observations ont été faites par HLADIKA, (1974) selon lesquelles les lianes jouent un rôle très important dans l'écosystème forestier comme producteur primaire; leur appareil beaucoup de fruits et les graines sont utilisés par de nombreuses espèces d'oiseaux et Mammifères, qui les dispersent pour participer ainsi à la compétition entre les espèces végétales pour la régénération de la forêt.

Il est vrai que notre étude ne porte pas sur les lianes, mais nous ne les avons pas pour autant laissées de côté puisqu'elles ont été présentes dans les strates arbustives lors de nos inventaires, car elles constituent des indicatrices de la régénération forestière comme l'a mentionné PARREN, (2003) in SENTERRE, (2005). C'est ainsi que leur prédominance et leur importance présumée dans la dynamique des forêts expliquent l'intérêt croissant que leur portent les biologistes (SCHNITZER & BONGERS 2002) in MASUMBUKO (2011). Une caractéristique intéressante du type biologique lianescent, qui a retenu depuis longtemps l'attention des botanistes, c'est la variété des dispositifs d'accrochage. L'accrochage de ces plantes au support se fait à l'aide de racines adventives (vrilles) (CREMERS, 1973), c'est le cas des espèces comme *Ectadiopsis oblongifolia* et *Tetracera poggei* observées dans la savane mise en défens, par ailleurs d'autres lianes ne possèdent pas d'organes d'accrochage différenciés, elles s'élèvent en s'enroulant autour du support comme *Ipomoea involucrata* dans les noyaux forestiers. Par ailleurs la présence accidentelle de *Psophocarpus scandens* espèce cultivée, dans la lisière des noyaux forestiers serait attribuée aux effets d'anthropisation.

Quatrième partie:
Conclusions et recommandations

Conclusion

Notre conclusion sera articulée autour des principales parties qui ont constituées notre travail.

Approches méthodologiques

Quatre méthodes originales et simples ont été utilisées à savoir la méthode des noyaux forestiers, la méthode des macroboutures, la méthode d'inventaire de la végétation et la méthode d'observation de la température dans 4 écosystèmes en vue d'assurer la conservation et l'utilisation durable de *M. laurentii* et aussi améliorer la qualité du fût de cette espèce d'une grande importance économique en RDC. La méthode des noyaux forestiers a été sous-tendue par deux hypothèses, la première est celle qui tente à soumettre *M. laurentii* en compétition avec les essences à croissance rapide (*Acacia magnium*); la seconde est celle qui cherche à renforcer sa densité en la faisant passer de trois pieds à l'hectare dans les conditions naturelles à 36 pieds à l'hectare dans les conditions artificielles (de plantation) de manière à l'obliger à filer, et d'avoir un tronc monocaule.

La méthode des macroboutures, soumises à quatre différents hauteurs de traitements, nous a permis de rechercher la hauteur favorable pouvant être utilisée de manière à produire les bourgeonnements (branches) qui gagnent le dessus sur les graminées de la savane dans laquelle elles sont introduites et créer rapidement une forêt à *M. laurentii*; cela est dû aux rejets vigoureux qu'elles émettent et devrait permettre d'atteindre la fructification plus rapidement que les semis. Cette méthode est moins coûteuse car elle ne nécessite pas des travaux d'entretien et de suivi des plantules dans la pépinière, elle gagne du temps puis qu'elle minimise le coût d'entretien de pépinière mais demande la disponibilité des macroboutures sur le terrain.

La multiplication par macrobouture peut ainsi concourir au maintien de la biodiversité ligneuse en favorisant le développement dans le sous-bois la germination de ses graines par l'effet de litière et de lisière. L'étude de la végétation sur les placettes de 25 m² dans les quatre écosystèmes: (i) savane qui brûle chaque année (témoin), (ii) savane mise en défens, (iii) noyaux forestiers (effet de litière) et (iv) lisière de ces noyaux forestiers (effet de lisière) nous a permis de comprendre la dynamique de la végétation dans ces différents milieux. Les résultats de cette partie de notre étude nous ont permis d'affirmer qu'une savane qui brûle régulièrement (deux à trois fois l'an) n'évolue pas, reste stable, elle présente à l'origine une

physionomie homogène, dominée par les *Poaceae*. Les effectifs de certaines espèces ligneuses restent relativement faibles et la régénération de celles-ci est freinée par les feux de brousse répétés. Par contre si cette même savane est protégée de l'incendie et de toute autre action anthropique (coupe de bois, chasse.) ; elle évolue avec le temps, la physionomie et la flore se modifient, la structure de la communauté et, en particulier, les distributions spécifiques se transforment.

Originalité du sujet et limites de l'étude

Le sujet choisi a été original, cependant les données de certaines études antérieures comme celles de MENGA, (2012), ALGOËT, (2008) et MPALANGA et *al.*, (2015) sur l'espèce; nous ont été profitables pour approfondir nos connaissances. La méthodologie utilisée dans l'étude de l'effet de lisière et de litière souffre d'un manque de répétition liée à la durée déterminée de la thèse et aux efforts considérables requis pour la mise en place d'un tel dispositif d'étude, néanmoins; elle est une nouvelle technique pour le suivi de la végétation d'une régénération provoquée et assistée par la méthode des noyaux forestiers en savane, et diffère de celle adoptée par d'autres chercheurs (ARAME, 1994; Goma, 1998; AUTFRAY, 2002; Loumeto et Bernhard, 2008; AUDREY, 2010; TOYI et *al.*, 2013).

La démarche utilisée dans thèse ouvre aussi des nouvelles pistes à valoriser dans le domaine de l'atténuation (REDD+), augmentation des surfaces forestières, conservation de la biodiversité, du stock de carbone et de lutte contre les changements climatiques qui constituent actuellement une menace contre l'humanité. La régénération des forêts en savane contribue à l'augmentation des ressources ligneuses (énergie bois, charbon de bois et bois d'œuvre) et des produits forestiers non ligneux pour les populations locales qui doivent parcourir des dizaines de kilomètres pour s'en approvisionner. Il résulte de ce qui précède que le choix d'aménager durablement suppose donc que la forêt soit exploitée/valorisée et que les différents acteurs économiques concernés puissent y trouver leur compte.

Pertinence des résultats

Cette étude a permis de proposer un modèle rationnel sylvicole pour assurer la conservation et l'utilisation durable de *M. laurentii* et aussi d'améliorer la qualité du fût de cette espèce d'une grande importance économique en RDC.

La plantation de cette espèce dans des noyaux forestiers, en compétition avec des essences à croissance rapide du genre *Acacia* peut être l'une des techniques appropriées et duplicable sur

les espèces. En effet, sous l'ombre d'*A. magnium*, *M. laurentii* grandit en produisant un fût monocaule, alors qu'en pleine lumière, il a tendance à se ramifier (fourches basses) et forme un fût multicaule.

Le rythme de croissance annuelle a montré que les individus de *M. laurentii* s'adaptent bien aux conditions climatiques de savane. Aussi, cette étude a contribué à la faisabilité de programme de boisement et reboisement avec cette espèce très appréciée par les opérateurs forestiers. Largement utilisée compte tenu d'excellente qualité technologique de son bois, *M. laurentii* est une espèce qui se reproduit facilement par macrobouture, technique sylvicole permettant la multiplication à peu de frais. Le macrobouturage présente l'avantage d'être facilement utilisé dans des reboisements à petite ou à grande échelle voire des haies vives locales par des populations rurales. La technique permet aussi d'intervenir directement sur le terrain en économisant l'argent parce qu'elle ne nécessitant pas d'arrosage, ni une main d'œuvre importante ni de technicité et encore moins des moyens sophistiqués, et minimise ainsi le temps de travail.

La technique des macroboutures reste à valoriser et ouvre des alternatives permettant de produire une plantation qui peut à court terme créer une forêt dont les arbres occupent le dessus sur les graminées de la savane dans laquelle elles sont introduites, cela est dû aux rejets vigoureux qu'elles émettent et devraient permettre d'atteindre la fructification plus rapidement que les semis. La multiplication par macrobouture peut ainsi concourir au maintien de la biodiversité ligneuse en favorisant la germination des graines dans le sous-bois par l'effet de litière et de lisière. L'étude a montré que les macroboutures de 0,75 à 1,3 m ont donné les meilleurs taux de bourgeonnements et une bonne économie de la ressource tout en évitant le gaspillage. La mise en défens a permis d'affirmer qu'une savane qui brûle régulièrement (deux à trois fois l'an) n'évolue pas, reste stable, elle présente à l'origine une physionomie homogène, dominée par les *Poaceae*. Les effectifs de certaines espèces ligneuses restent relativement faibles et la régénération de celles-ci est freinée par les feux de brousse répétés. Par contre si cette même savane est protégée contre l'incendie et de toute autre action anthropique (coupe de bois, chasse, feux de brousse...), elle évolue avec le temps, la physionomie et la flore se modifient, la structure de la végétation et, en particulier, les distributions spécifiques se transforment.

La mise en défens a permis le développement sous la litière et dans la lisière des espèces forestières telles que *Oncoba welwitschii*, *Gaertnera paniculata*, *Macaranga spinosa*,

Hymenocardia ulmoides et des lianes (*Landolphia camptoloba*, *L. owariensis*, etc.) signe évident d'une dynamique de la végétation vers une évolution progressive de reconquête de la forêt sur la savane, mais aussi d'améliorer la connaissance de la flore sur l'effet bénéfique de la mise en défens, et d'identifier quelques pistes de solutions pour un plan d'aménagement de site.

Pistes à développer pour les futures recherches

Ce travail ouvre des opportunités pour les prochaines études dans les autres formes de régénération forestière que nous n'avons pas abordé, aussi les études sur le contact savane-forêt (effet de lisière) en milieu naturel constitue une piste importante pour étudier la vitesse de l'avancée de la forêt vers la savane qui est de 1 à 2 m/an suivant les zones pour certains auteurs comme YOUTA, (1998). Pour ce qui est de la mise en défens, la structure et la composition de la végétation évolutive des savanes doivent impliquer l'approche systémique avec interdisciplinarité des Sciences comme la Botanique, la Pédologie, la Phytosociologie, la Phénologie, la Paléontologie, la Sociologie etc. qui trouveront leur place pour une meilleure compréhension et explication de la dynamique de la végétation mais aussi d'appréhender le patron de la régénération assistée et/ou naturelle. Des études de la végétation des espèces du sous-bois indicatrices de la régénération forestière dans la savane, en fonction de leur densité, leur association, leur emplacement et du recouvrement (superficie ombragée) permettraient de comprendre le rôle du sous-bois dans le déterminisme de la succession (dormance des graines, germination et dispersion de diaspores).

Les priorités en matière de recherche

Des projets de recherches intégrées, coordonnées et multidisciplinaires sont indispensables pour couvrir les lacunes dans nos connaissances dans ce domaine nouvellement abordé. Cependant; il est nécessaire de préparer au niveau des facultés (Sciences, Agronomie, Forestière, Environnement etc.) un nombre important des sujets de recherches régionales dans des sites bien choisis, en vue de procéder à l'étude des différents thèmes évoqués dans le cadre de l'écosystème forestiers. La planification et la conduite de telles recherches peuvent aussi être faites au travers des séminaires, conférences et ateliers. Ainsi, le défi est de créer des approches multidisciplinaires opérationnelles de gestion tant au niveau de la conception que de la mise en oeuvre des plans d'aménagement et de conservation des écosystèmes forestiers.

Recommandations

Cette étude a été une des pistes parmi tant d'autres, en enseignements techniques et essentiels pour la réussite de futures actions à entreprendre quant à la régénération et gestion durable de *M. laurentii*, ainsi nous recommandons ce qui suit :

Aux autorités du pays :

- d'encourager et contribuer aux financements des recherches sur les espèces de haute valeur commerciale du pays ;
- de mettre en place un mécanisme efficace de suivi et d'exécution des textes de base du régime forestier congolais pour que les ressources naturelles et les produits issus de la forêt permettent de manière à servir non seulement les besoins des générations présentes mais aussi, ceux des générations futures ;
- de procéder à la création des plantations de conservation des espèces locales les plus exploitées pour éviter leur extinction ;
- d'actualiser le code forestier, car 51 ans après son accession à l'indépendance, la République Démocratique du Congo ne s'est pas encore dotée d'un régime forestier approprié ;
- de mettre en place un cadre légal qui permet, à la fois, à la forêt de remplir son équilibre, ses fonctions écologiques et sociales ;
- de former des cadres spécialisés dans la gestion des ressources génétiques forestières en vue d'assurer l'accès et le partage équitable;
- de disposer de mesures législatives et administratives ou de politiques spécifiques permettant d'assurer la recherche et l'utilisation durable des ressources génétiques forestières.

Aux chercheurs:

- de multiplier des recherches sur les techniques de régénération forestière de *M. laurentii* et d'autres espèces similaires les plus exploitées en RDC,
- dans les prochaines études, nous recommandons de réduire les écartements de plantation entre *M. laurentii* et les *Acacia* de jusqu'à 50 cm le dans noyaux forestiers, pour améliorer d'avantage le fût de cette espèce.

Bibliographie

1. Atangana A.R., Khasa D.P., Chang S.X., Degrande A. (2014) : Tropical Agroforestry. ISBN 978-94-007-7722-4, 467, Springer.
2. Eba'a A. R, Bayol N., Malele S., Tunguni j., Mwamba K. Ph. et Yata F. (2008): Les Forêts de la République du Congo dans les Forêts du Bassin du Congo: Etats des Forêts 2008, pp 115-128.
3. Adam T., Reij C., Abdoulaye T., Larwanou M., Tappan G., Yamba B. (2006): Impacts des investissements dans la Gestion des Ressources Naturelles (GRN) au Niger: Rapport de Synthèse. Centre Régional d'Enseignement Spécialisé en Agriculture (CRESA), Niamey, Niger 65p.
4. Achour A., Aroui A., Defaa C., El mousadik A. et Msanda F. (2011): Effet de la mise en défens sur la richesse floristique et la densité dans deux arganeraies de plaine. Actes du Premier Congrès International de l'Arganier, Agadir 15-17, décembre 2011, 10p.
5. Achoundong G., Bonvallot J. et Happi Y. (2007): Le contact Forêt-Savane dans l'Est du Cameroun et *Chromolaena odorata*: considérations préliminaires. Yaoundé, Cameroun; Orstom, pp. 99-108.
6. Abdou S. M. N. (2007): Impacts de la Régénération Naturelle Assistée des Ligneux sur la Réduction de la Vulnérabilité des Ménages, cas du terroir villageois de Kirou haoussa dans la commune urbaine de Matamèye (région de Zinder). Mémoire de DEA, option : aménagement et gestion des espaces ruraux département de géographie, Faculté des lettres et sciences humaines, Université Abdou Moumouni République du Niger 91p.
7. Arame Fall (1994): Evolution de la litière de Filao (*Casuarina equisetifolia* Forst) dans les Niayes: action de la flore Fonfique. Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Département de Biologie végétale, 153P.
8. Algoët B. (2008): Phénologie et régénération du Wengé (*M. laurentii*) en République Démocratique du Congo, Mémoire de fin d'étude, Institut des Sciences et industries du vivante et de l'environnement de Paris (Agro Paris Tech), 114p.
9. Alignier A., (2010): Distribution des communautés végétales sous l'influence des lisières forestières dans des bois fragmentés. Thèse de Doctorat: Institut National Polytechnique de Toulouse, 239p.

10. Alexandre D. Y. (1979): De la régénération naturelle à la sylviculture en forêt tropicale, 33p.
11. Ambé G.A (2000) : Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de Côte-d'Ivoire: état de la connaissance par une population locale, les Malinké. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **5** (1), 43–58.
12. Andrieu E. (2006): Impact de la progression forestière sur les espèces rares de milieu ouvert : écologie et dynamique des populations de la Pivoine officinale (*Paeonia officinalis* L.), Thèse de doctorat en Biologie, Montpellier II, 292p.
13. Aubreville A. (1929): Comment constituer une forêt. *Revue de Botanique appliquée*, pp 560-568.
14. Audrey A. (2010): Distribution des communautés végétales sous l'influence des lisières forestières dans des bois fragmentés, Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse, 266p.
15. Autfray P. (2002): Effets de litières sur l'offre en azote d'origine organique dans des systèmes de culture de maïs à couvertures végétales: Etude de cas dans la zone à forêt semi-décidue de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 108P.
16. Avenard, J.-M. (1969): Réflexions sur l'état de la recherche concernant les problèmes posés par les contacts forêts-savanes. Essai de mise au point et de bibliographie. ORSTOM, Paris, Sér. Initiations - Documentations techniques, N° 14, 162 p.
17. Badji M., Sanogo D. et Akpo L., (2013): Effet de l'âge de la mise en défens sur la reconstitution de la végétation ligneuse des espaces sylvo pastoraux du sud bassin arachidier (Sénégal). *Journal of Applied Biosciences* 64:4876 – 4887.
18. Bagnian I. (2010): Rôle des dynamiques démographiques et migratoires sur l'évolution des écosystèmes sahéliens: cas d'un terroir villageois reverdi et non reverdi du département de Marriah dans la région de Zinder au Niger. Mémoire de Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées (DESS). Université Abdou Moumouni/NIGER. 101p.
19. Bararunyeretse P., Bogaert J., Nzigidahera B., Masharabu Tet Habonimana B. (2012) : Dynamique forestière sous l'effet de lisière au Parc National de la Kibira (Burundi), *Bull. sci. Inst. natl. environ. conserv. nat.* 10: 25-34.

20. Basaula N. (1989): Etude Agrostologique et analyse financière d'un projet bovin sur le plateau Batéké (Zaïre), Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, ULB, 181p.
21. Bauzon. D, Van den driessche R. et Dommergues Y. (1969) : L'effet litière : influence in situ des litières forestières sur quelques caractéristiques biologiques des sols, étude effectuée dans le cadre de la R.C.P. 40 (Recherche coopérative sur programme n° 40), 24p.
22. Bénéteau P. (2009) : Bulletin environnement n°11 Décembre, 8p.
23. Bernier S., Fagiolo P., Blais G., Labbé F., Lefrançois R., Perron J-Y. Tremblay J-H., Demers D., Désaulniers G., Morin P., Saucier J-P et Vaillancourt C. (2004): Relations entre le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) et le diamètre à hauteur de souche (DHS) pour les principales essences commerciales du Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la faune, 78p.
24. Bessat C. (1996) : La déforestation dans les zones de savane humide en Afrique centrale sub-saharienne, la prise en compte des dynamismes sociaux de la déforestation par les projets de développement, UNRISD, 49p.
25. Besse F., Guizol Ph., Ligne A. (1991): Chronique Internationale, l'agroforesterie au Burundi. Rév.For.Fr XLIII-1-991 pp 59-71.
26. Bellefontaine R. (2005) : Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie : analyse de 875 cas - Texte introductif, tableau et bibliographie, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), Département forêts, TA 10/D, 34398 Montpellier, France, 26p.
27. Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Fikari O., El mercht S. (2011): Mobilisation de vieux arganiers par bouturage sous nébulisation artificielle. Actes du Premier Congrès International de l'Arganier, Agadir 15-17 Décembre 2011, 145-154.
28. Bellouard (1951): La régénération des forêts en A.O.F. Première conférence inter africaine, Abidjan, 4-12 décembre 1951, 69-94.
29. Biloso M. A. (2008): Valorisation des produits forestiers non ligneux des plateaux des Batéké en périphérie de Kinshasa (R D Congo), thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 252p.
30. Biloso M. A., & Lejoly J., (2006): Etude de l'exploitation et du marché des produits forestiers non ligneux à Kinshasa, *Tropicultura*, 24 (3) 183-188.

31. Bisiaux F., Peltier R., Muliele J-P. (2009): Plantations industrielles et agroforesterie au service des populations des plateaux Batéké, Mampou, en République démocratique Congo. *Bois et Forêts des Tropiques*, 301 (3) : 21-31.
32. Bocquet A. (2005): Diagnostic écologique de l'interface entre savane à Niaouli et forêt sèche, DESS « Gestion des Systèmes Agro-Sylvo-Pastoraux en Zones Tropicales », Institut Agronomique néo-Calédonien, 61p.
33. Bornhofen S. et Lattaud Cl. (2007): Simulation de communautés de plantes et dynamique des populations, RSTI - TSI. Volume 26 – n° 3-4, 31p.
34. Boimond J-L (2009) : Simulation systèmes de production réseaux de petri siman-arena, 56p.
35. Bongers F., Schnitzer S.A. et Traore D., (2001): The importance of lianas and consequences for forest management in west Africa, Bioterre, Sci. de la vie et de la terre, Actes du colloque international, centre Suisse du 27-29 Août 2001. 12p.
36. Botosso P.C, Tomazello Filho M., Vivian Maria R. B., Ferreira-Fedele L. (2005): Les lianes et l'accroissement de *Centropogon tomentosus* Guill. ex-Benth. (Papilionoideae) au Brésil, *Bois et Forêts des Tropiques*, N° 284 (2) pp 71-75.
37. Boukar L.S, Boumard Ph., Floret Chr. (2009): Savanes d'Afrique centrale, bilan d'une décennie, de recherches appliquées. Pôle régional de recherche appliquée au développement des systèmes agricoles d'Afrique centrale (PRASAC), N'Djamena/Tchad, 154p.
38. Bourland N., Kouadio L., Fétéké F., Lejeune P., Doucet J-L (2012): Ecology and management of *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen (Fabaceae) populations: a review, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 16(4), 486-498.
39. Boutray A. (2004): Effet de la mise en lumière sur la croissance et la forme de semis préexistants de Hêtre (*Fagus sylvatica* L), Mémoire de fin d'étude, Institut National de Recherche Agronomique (INRA), Nancy, 97p.
40. Bouyer J. (2000): Méthodes statistiques - Médecine – Biologie, 351p.
41. Burney, D.A. (1996): Climate change and fire ecology as factors in the Quaternary biogeography of Madagascar. pp. 49-58 in Lourenço W.R., Biogéographie de Madagascar, Paris, Editions de l'ORSTOM.
42. Burney, D.A. (1997): Theories and facts regarding Holocene environmental change before and after human colonization. P.75-89 in Patterson, B.D. and Goodman, S.M.

- Natural and Human-induced Change in Madagascar, Washington: Smithsonian Institution Press.
43. Cagniant H. (1989) : Essai d'application de quelques indices et modèles de distributions d'abondances à trois peuplements de fourmis terricoles, *Orsis*, 4: 113-124
 44. Camara R. (2000): Les savanes de la république dominicaine et leur exploitation par le système des "hatos" 24p.
 45. Centre national de recherche agronomique (CNRA) (2001), .Abidjan, 62p.
 46. Centre Régional de la Propriété Forestière (C.R.P.F), Union Européenne et Ministère de l'Agriculture et de la pêche Française (2009) : Principes de croissance d'un arbre
 47. Convention sur la diversité Biologique (1992), 34p.
 48. Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T) (1964) : Quinze ans de travaux et de recherches dans les pays du Niari (Congo). 1949-1964. Pointe-Noire, Congo, 143 p.
 49. Cordonnier. T (2004) : Perturbations, diversité et permanence des structures dans les écosystèmes forestiers, Thèse de Doctorat en Ecologie, Systématique et Evolution. Ecole nationale du génie rural des eaux et des forêts, Université Paris XI, 259p.
 50. Cremers C., (1973) : Architecture de quelques lianes d'Afrique Tropicale, *candollea* 28 : pp.249-280.
 51. Dalila Kherchouche, Abdallah Bentouati et Mohammed Kaabeche (2012) : Croissance et écologie du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans le massif des Beni-Imloul (Aurès, Algérie). *Sècheresse* 22: 43-8. 6p.
 52. De Foresta H. (1990) : Origine et évolution des savanes intermayombaises (R.P du Congo).II. Apport de la botanique forestière. In : Lanfranchi et Schwartz éd. *Payasages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*. Orstrom, Paris pp. 326-355.
 53. Desclée B., Mayaux Ph., Hansen Matthew, Lola A. P., Sannien Ch., Mertens B., Häusler Th., Ngamabou S. R., Poilve H., Gond V., Rahm M., Haarpaintner J., Kibamabe L. J., (2013): Evolution du couvert forestier du niveau National au Régional et moteurs de changement dans les Forêts du Bassin du Congo: *Etats des Forêts 2013*, 325p.
 54. Devineau, J. L., Lecordier C. et Vuattoux R. (1984): Evolution de la diversité spécifique du peuplement ligneux dans une succession préforestière de colonisation d'une savane protégée des feux (Lamto, Côte- d'Ivoire). *Candollea* 39: 103-134.

55. Devineau J.L., (1991): Variabilité de la croissance en circonférence des arbres dans les forêts semi-décidues de Lamto (Côte d'Ivoire). Laboratoire de Botanique tropicale, Université Paris VI, Rev. Ecol. (Terre Vie), vol. 46, 30p.
56. Detienne P., Oyono F., Durrieu de Madron L, Demarquez B., Nasi R. (1998): L'analyse de cernes: applications aux études de croissance de quelques essences en peuplements naturels de forêt dense africaine, CIRAD-Forêt, Campus International de Baillarguet, Montpellier cedex 1, France, 42p.
57. Debussche M., Cortez J., Rimbault I. (1987): Variation in fleshy fruit composition in the Mediterranean region: the importance of ripening season, life form, fruit type and geographical distribution. *Oikos* 49, 244-252.
58. Degrande A., Essomba H., Bikoue Mekongo C. et Kanga A. (2007): Domestication, Genre et Vulnérabilité, participation des Femmes, des Jeunes et des catégories les plus Pauvres à la Domestication des Arbres Agroforestiers au Cameroun. World Agroforestry Centre, 85p.
59. Degrande A., Facheux, C., Mfoumou, C., Mbile, P., Tchoundjeu, and Z. & Asaah, E. (2006): Feasibility of farmer managed vegetative propagation nurseries in Cameroon. *Forests, Trees and Livelihoods* 16: 181-190.
60. Demers-Lemay M. (2014) : Le potentiel de la restauration écologique face à la colonisation des savanes par les espèces ligneuses. Mémoire de troisième Cycle en écologie internationale, Université de Sherbrooke, Faculté des Sciences, Buenos Aires/ Argentine, 89p.
61. Delyaye N. (2006) : Mise en place d'une technique de régénération assistée en forêt dense humide Gabonaise. Thèse de doctorat, Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 106p.
62. Djego J., Moussa G., Tente B. et Sinsin B. (2012): Analyses écologique et structurale de la forêt communautaire de Kaodji au Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(2): 705-713.
63. Diatta Malainy (1994): Mise en défens et techniques agroforesteries au Sine saloum (Sénégal), effet sur la conservation de l'eau, du sol et sur la production primaire, Thèse de doctorat en Géographie Physique de Strasbourg 1, 223p.
64. Differt J. (2001) : Phénologie des espèces arborées, synthèse bibliographique, Analyse des données du Réseau National de Suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers,

- rapport de stage effectué au laboratoire Ecosystèmes Forestiers et Dynamique du paysage de l'Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts de Nancy. 224p.
65. Drapier J. (1985) : Les difficultés de régénération naturelle du sapin (*Abies alba* Mill.) dans les vosges étude écologique, Technique et forêt, pp 45-55.
 66. Donnadiou G., Durand D., Neel D., Nunez E., Lionel S-P (2003) : L'Approche systémique : de quoi s'agit-il ? 11p.
 67. Doucet J-L (2003) : L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon, Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, 323p.
 68. Du Bus DE Warnaffe G. (2002) : Impact des systèmes sylvicoles sur la biodiversité : une approche comparative en Ardenne : Réaction de la flore vasculaire, des coléoptères carabidés et de l'avifaune chanteuse à la structure de l'habitat forestier, à plusieurs échelles spatiales, thèse de doctorat, Université catholique de Louvain, 133p.
 69. Ducret M. et Labbe P. (1985): Etude de la régénération naturelle contrôlée en forêt tropicale humide de Guadeloupe, 26p.
 70. Duvigneaud P. (1953): La flore et la végétation du Congo méridional. *Lejeunia*, 16 : 95-124.
 71. Dupuy B. et N'Guessan A. K, (1999) : Première partie la sylviculture du teck, *Bois et Forêts des Tropiques*, 261(3), 5-16.
 72. Dupuy B. (1998) : Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine, CIRAD-forêt, Campus International de Baillarguet, Montpellier cedex 1, France, 387p.
 73. École Nationale des Eaux et Forêts du Cap Estérias, Libreville, Gabon (2006) : Formation de forestier aménagiste et de gestionnaire forestier, Module2, Dendrométrie et topographie, 47p.
 74. Dupouey J.L. et Bergès L. (2010) : Influence de la composition et de la structure des masses forestières sur la biodiversité, Programme de biodiversité et Gestion forestière, 169p.
 75. Durrieu de Madron L., Favrichon V., Dupuy B., Bar hen A. et Maître H. F. (1998) : Croissance et productivité en forêt dense humide: bilan des expérimentations dans le dispositif d'Irobo-Côte d'Ivoire (1978 -1990), CIRAD-Forêt Campus International de Baillarguet, Montpellier cedex 1 France, 77P.

76. Favier C., Chave J., Fabing A., Schwartz D., Dubois M.A. (2004): Modelling forest-savanna mosaic dynamics in man-influenced environments: effects of fire, climate and soil heterogeneity. *Ecological modeling* 171: 85-102.
77. Fonton H. N., Glele Kakai R., Rondeux J. (2002): Étude dendrométrique d'*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. en mélange sur vertisol au Bénin". *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 6 (1), 29–37.
78. Galiana A., N'guessan A. K., Gnahoua G.M, Balle P., Dupuy B., Domenach A.M et Mallet B. (1996): Fixation de l'azote chez *Acacia mangium* en plantation". *Bois et Forêts des Tropiques*, 249, (3), 51-62.
79. Gade D. (1996): Deforestation Madagascar. Human role in changing the face of the earth. *Mountain Research and Development*, p. 101-116.
80. Gaudin S. (1996) : Dendrométrie des peuplements, gestion forestière, module D42, 66p.
81. Ganry F., Dommergues Y.R. (1995) : Arbres fixateurs d'azote : champ ouvert pour la recherche *Agriculture et développement*, 7: 38-57.
82. Geir A., Joly D., Lennart N. (2008) : Modelisation de la distribution des plantes arctiques vasculaires. exemple de l'archipel de svalbard dans l'arctique Européen, Journées de Climatologie – Nantes du 13 au 14 mars 2008 - Climat et société : Climat et végétation, 17p.
83. Gnahoua G. M et Louppe D, (2003) : *Acacia mangium*, 2p
84. Goma Tchimbakala J. (1998) : Nitrification autotrophe dans un sol acide de lande : étude en milieu renouvelé de l'effet litière sur des populations de nitrobacter. Thèse de doctorat en Sciences de la vie et de l'Environnement, Université de RENNES, 123p.
85. Grebert (1931) : Situation forestière de la Guadeloupe. Congrès de la production forestière coloniale et nord-africaine. Exposition coloniale internationale, Paris, 1931, G 128, 11p.
86. Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du climat (GIEC), (2003) : Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie, 594p.
87. Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du climat (GIEC), (1996) : Lignes directrices pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée 1996 : manuel simplifié-agriculture.

88. Günther, S., Weber, M., Enreis, R. and Aguirre, N. (2007) Influence of distance to forest edges on natural regeneration of abandoned pastures: a case study in the tropical mountain rainforest of Sothern Ecuador. *European Journal of Forest Research*, vol. 126, no 1, p. 67-75 (9).
89. Hladik A., (1974) : Importance des lianes dans la production foliaire de la forêt équatoriale du Nord-Est du Gabon. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 278: 2527-2530.
90. Habari M., Lejoly J. & Lubini A., (2010): Flore des forêts communautaires à *Pentaclethra eetveldeana* de la région de Kisantu (R.D. Congo). In : X. van der Burgt, J. van der Maesen & J.-M. Onana (eds), *Systématique et Conservation des Plantes Africaines*, pp. 643–651. Royal Botanic Gardens, Kew.
91. Habchi .G (2001): Conceptualisation et modélisation pour la simulation des systèmes de production, document de synthèse, Université de SAVOIE, 174p.
92. Houinato M., Sinsin B. et Lejoly J., (2001) : Impact des feux de brousse sur la dynamique des communautés végétales dans la forêt de Bassila (Benin), *Acta Bot. Gallica*, 148 (3) : 237-251.
93. Halimatou O. M. (2007): Contribution de la Régénération Naturelle Assistée dans les stratégies alimentaires et au niveau des ménages ruraux du Département d'Aguié : cas des terroirs de Guidan Bakoye, Guidan Adamou et Dan Damou Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées (DESS) Option « Protection de l'Environnement et Amélioration des Systèmes Agraires Sahéliens », Centre Régional d'Enseignement Spécialisé en Agriculture (CRESA) Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni/NIGER 87 p.
94. Herve D., Andrianarivo Avisoa, Randrianarison A., Ratovonirina G., Rakotoarimanana V., Razanaka S. (2010): Dynamiques spatio-temporelles des savanes incluses en forêt (Madagascar), *Revue Télédétection*, 2010, vol. 9, n° 3-4, p. 182-194
95. Hervé J.L. & Natacha N. (1982) : Effet lisière, installation visuelle et musicale, 5p.
96. Hiol Hiol F., Kemeuze V.A, Konsala S., Njoukam R. (2013) : Les espaces forestiers des savanes et steppes d'Afrique centrale : Les forêts du bassin du Congo, *État des Forêts*, pp 165-171.
97. Humbert H. (1927): La destruction d'une flore insulaire par le feu. Principaux aspects de la végétation à Madagascar. *Mémoires de l'Académie Malgache*. Fasc. IV, 47 p.

98. Iyongo L., Waya M., Marjolein V., De Cannière Ch., Verheyen E., Dudu Akaibe B., Ulyel J. et Bogaert J. (2012) : Anthropisation et effets de lisière : impacts sur la diversité des rongeurs dans la Réserve Forestière de Masako (Kisangani, R.D. Congo). *Tropical Conservation Science* Vol.5 (3) :270-283.
99. Jacquin A. (2010) : Dynamique de la végétation des savanes en lien avec l'usage des feux à Madagascar. Analyse par série temporelle d'images de télédétection, Thèse de doctorat en Ecologie ; Université de Toulouse, 146p.
100. Joet A, Philippe J., Banoïn B. (1998) : Le défrichement amélioré au Sahel : une pratique agroforesterie adoptée par les paysans. *Bois et forêts des Tropiques*, 1998, n°225(1). CNEARC, CRESA, FAN. Montpellier. 44 p.
101. Jouve P. (1991) : La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier international, Montpellier, France, O.R.S.T.O.M.
102. Kasongo R.K., Van Ranst E., Verdoodt A., Kanyankogote P., & Baert G. (2009): "Impact of *Acacia auriculiformis* on the chemical fertility of sandy soils on the Batéké plateau (D R Congo)". *Soil Use and Management*, 25, 21-27.
103. Kasongo R.K. (2010) : Amélioration de la qualité des sols sableux du plateau des Batéké (RD Congo) par application des matériaux géologiques et des déchets organiques industriels locaux" Thèse de doctorat en Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, Université de Gent (2010), 400p.
104. Kavangu M.S, (2013): Essai de technique par macrobouture de *Millettia laurentii* De Wild. au plateau des Batéké (Cas d'Ibi-village), Mémoire d'étude, Université de Kinshasa, Faculté de Sciences, 50p.
105. Kayumba M., Lubini C., Kidikwadi E., Habari J.P. (2015): Etude floristique de la végétation de la formation mature du Domaine et Réserve de Bombo-Lumene (Kinshasa/ RD Congo). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol.11, N°3 pp. 716-727.
106. Keay, R.W.J. (1959): Derived savannah, derived from what? *Bull. IFAN*, sér. A (21), p. 427-438.
107. Kisasa R.K., Palata J.C. et Pwema V. (2005): Observation on sexual behaviour of Giant Mole-Rat, *Cryptomys mehowi* (Rodentia, Bathyerdae): éthological and statistic approaches. *ResearchGate* 1-10.

108. Koubouana F., Ngoliele A., Nsongola G. (2007): Evolution des paramètres floristiques pendant la régénération des forêts de la réserve de la Lefini (Congo-Brazzaville); *Annales de l'Université Marien NGOUABI, Sciences et Techniques* 8 (4): 10-21.
109. Kouami K. et Sokpon N. (2006): Les forêts sacrées du couloir du Dahomey, Bois et forêts des tropiques, 288 (2), 15-23.
110. Kouassi Kouadio, Konan Kouassi E., N'guessan Kouamé F. & Dossahoua T. (2007): Impact de l'éclaircie sur la régénération naturelle des essences principales, dans la forêt classée de Bossematié (Côte d'Ivoire), *Sciences & Nature* Vol. 4 (1): 27-35.
111. Kull, C. (2000): *Isle of fire. The political ecology of landscape burning in Madagascar.* University of Chicago Press, 324 p.
112. Klein, J. (2002): Deforestation in the Madagascar highlands. Established truth and scientific uncertainties. *GeoJournal* 56, p. 191-199.
113. Kunstler George (2005) : Dynamique du paysage et démographie des espèces arborées dominantes. Thèse de doctorat en Biologie, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 332p.
114. Lacoste J.F. et Alexandre D.Y. (1991): Le goupi (*Goupia glabra* Aubl), essence forestière d'avenir en Guyane: analyse bibliographique, *Ann Sci For* 48: 429-441.
115. Lahmar R., (1995) : Des sols et des hommes. Ed. Charles Léopold Mayer. Paris 118p.
116. Laamouri A, Ammari Y, Albouchi A, Sghaier T, Mguis K et Akrimi N. (2008): Etude comparative de la croissance et du développement du système racinaire de trois espèces de jububier en Tunisie, *Geo-Eco-Trop*, 32: 37-46.
117. Langrand O. & Wilme L. (1995): Effect of forest fragmentation on extinction patterns of endemic avifaune on the Central High Plateau of Madagascar. In Pattersons B.P., Goodman S.M. & Selock (Eds) (Eds.), *Environmental change in Madagascar* Chicago: The fields Museum.
118. Larsen, J., (1993): *Financial Mechanisms for Sustainable Conservation.* AFTES Document de Travail No. 1. Division, Environnement et Développement Durable, Département Technique, Région Afrique, Banque Mondiale, Washington. 8 p.
119. Lavauden L. (1935) : La forêt équatoriale africaine. Son passé, son présent, son avenir. Actes et comptes rendus de l'Association colonies-sciences 10 (114), 209-223, 11 (115), 1-8.

120. Larwanou M., Abdoulaye M., Chris R. (2006): Etude de la Régénération Naturelle Assistée dans la région de Zinder (Niger); une première exploitation d'un phénomène spectaculaire. IRG, 56 p.
121. Lebrun, J-P. & Stork, L.A., (1991): Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Généralités et Annonaceae à Pandaceae. Conservatoire et Jardin Botanique de la ville de Genève ; Vol.I. 249p.
122. Lebrun, J-P. & Stork, L.A., (1992): Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Chrysobalanaceae à Apiceae. Conservatoire et Jardin Botanique de ville de Genève; Vol.II. 257p.
123. Lebrun, J-P. & Stork, L.A., (1995): Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Monocotylédones: Limnocharitaceae à Poaceae. Conservatoire et Jardin Botanique de ville de Genève; Vol.III. 341p.
124. Lebrun, J-P. & Stork, L.A., 1997. Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale, Gamopétales: Ericaceae à Lamiaceae. Conservatoire et Jardin Botanique de Genève, Switzerland, Volume IV. 712p.
125. Lebourgeois F., Differt J., Chuine I., Ulrich E., Cecchini S., Lanier M., (2006) : Observations phénologiques des arbres forestiers : concepts, intérêts et problématiques actuelles. Connaissances, RDV techniques n° 13 - été 2006 – ONF, 4p.
126. Lelo Nzuzi F. et Tshimanga Mbuyi C. (2004) : Pauvreté urbaine à Kinshasa, Cordaid, 167p.
127. Lelo Nzuzi F. (2008) : Kinshasa ville et Environnement, Ed. L'Harmattan, Paris, 281p.
128. Lelo Nzuzi F. (2011) : Kinshasa planification et aménagement, Ed. L'Harmattan, Paris, 381p.
129. Letourmy P. (1999) : Expérimentation agronomique planifiée, document obtenu sur le site Cirad du réseau [http : //agroecologie.cirad.fr](http://agroecologie.cirad.fr), consulté le Vendredi 14.12.2102.
130. Lemmens R.H.M.J., Omino E.A. & Bosch C.H. (2010) : Bois d'œuvre de l'Afrique tropicale. Conclusions et recommandations basées sur PROTA 7(1), Fondation PROTA, Nairobi, Kenya, 92 pp.
131. Liagre F. & Girardin N. (2009) : Agroforesterie, produire autrement, DVD de 65 mn aux Editions Agroroof, - www.agroroof.net
132. Loubry D. 2002. Livret technique pour la conduite de la revégétalisation sur les surfaces minières alluvionnaires de Guyane, Convention IRD/EDF n° 2291, 52p.

133. Loumeto J. J. et Bernhard R-F. (2008) : Contribution de la végétation du sous-bois au système litière en plantation d'eucalyptus du littoral Congolais, Annales de l'Université Marien NGOUABI, 9 (Numéro spécial): 48 –56 ISSN : 1815 – 4433, Sciences et Techniques.
134. Lugan J.C. (2005) : Approche systémique des organisations de formation : théories, modélisation, applications». sous-module de base « éléments théoriques et modélisation systémique» Université Toulouse 1. 51p.
135. Mahamane A., Mahamane S., Lejoly J. (2007) : Phénologie de quelques espèces ligneuses du Parc national du « W » du Niger. Sécheresse (4) : 1-13.
136. Mamadou T. (2000) : Etude de la phénologie, de la régénération naturelle, et des usages de *Piliostigma reticulatum* (De.) Hochst. en zone nord soudanienne du Burkina Faso, Université polytechnique de BOBO DIOULASSO, Mémoire de fin d'étude, 95p.
137. Maier Y. (2009) : Evaluation intermédiaire du plan d'aménagement forestier du bois d'Ardennes, rapport de stage stage effectuée au syndicat mixte espaces littoraux de la manche dans le cadre du programme européen « LEONARDO » 101p.
138. Mangoni (2010) : Impact des projets agricoles sur la fixation des populations en milieu rural: étude comparée des projets Mampu et PIFT au plateau des Batéké, Mémoire de fin de cycle, UNIKIN, Faculté des Sciences des Sciences, 88p.
139. Maloba Makanga J.D. (2011) : Mosaïque forêt-savane et exploitation des ressources forestières du Gabon, Geo-Eco-Trop 35 : 41 - 50.
140. Mallet B. & Marien J. (2004) : Nouvelles perspectives pour les plantations forestières en Afrique centrale, Bois et Forêts des Tropiques, 2004, N° 282 (4), 13p.
141. Martin B. (2004): Bois tropical des plantations forestières industrielles, Académie d'Agriculture de France, Séance du 28 avril 2004.13p.
142. Martin P.J.A (2010): Influence de la fragmentation forestière sur la régénération espèces arborées dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Université de Genève, Thèse de doctorat, 320p.
143. Mary F. & Besse F., (1996) : Guide d'aide à la décision en agroforesterie. Ed. GRET Paris. Tome 1: 301 p.
144. Marceau M.H. (2011) : De la donnée à la connaissance: traitement, analyse et transmission, introduction à la statistique descriptive, 126p.
145. Maldague (2004): Sciences du développement et analyse systémique, 35p.

146. Maldague M. (2010) : Traité de gestion de l'Environnement tropical, Développement intégré des régions tropicales, Approche systémique- Notions-Concepts-Méthodes, Tome I 441p.
147. Malele. M (2003) : Situation des ressources génétiques forestières de la République démocratique du Congo, division des ressources forestières, document de travail FGR/56F, FAO, Rome, Italie, 48p.
148. Malaisse F. (1997): Se nourrir en forêt claire Africaine, approche écologique et nutritionnelle, Gembloux (Belgique), 384p.
149. Masens D.Y. (1997) : Etude Phytosociologique de la région de Kikwit (Bandundu-Zaire), Thèse de doctorat en Sciences Biologiques, ULB, 400p.
150. Maier Y. (2009) : Evaluation intermédiaire du plan d'aménagement forestier du bois d'ardennes, 101p.
151. Masumbuko C. (2011): Ecologie de *Sericostachys scandens*, liane envahissante dans les forêts de montagne du parc national de Kahuzi-biega, République Démocratique du Congo, Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Faculté des Sciences, Laboratoire d'Écologie Végétale et Biogéochimie, 192p.
152. Mémento du forestier (1989) : « Techniques rurales en Afrique » 3ème édition, 1257p.
153. Menga M. P. (2012) : Ecologie des peuplements naturels de *Millettia laurentii* De Wild. dans la région du lac Maï-Ndombe, en R D Congo, Thèse de doctorat, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences 197p.
154. Menga P., Bayol N., Nasi R., Fayolle A., (2012) : Phénologie et diamètre de fructification du wengé, *Millettia laurentii* De Wild. : Implications pour la gestion". Bois et Forêts des Tropiques, 312 (2) 31-41.
155. Ministère de l'Agriculture/RDC (2010) : Etude du secteur agricole phase II, Plan directeur de développement agricole et rural, Province de Kinshasa, Rapport final, 91p.
156. Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Développement Durable [MECN-DD], Coopération Technique Allemande [Giz] et Institut Congolais pour la Conservation de la Nature [ICCN], (2010), Premier Vade-Mecum, édition 2012.
157. Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Développement Durable, Organisation Internationale des Bois Tropicaux, Fonds Mondial pour la Nature (2005) : Diagnostic du secteur forestier en RDC et problématique de la gestion, forum national

- de consultation des acteurs du secteur forestier de la République Démocratique du Congo. Kinshasa, du 8-9 avril 2005, 18p.
158. Morin (2001) : Effet des variables stationnelles et du peuplement sur la production forestière après coupe, Mémoire Sciences (MSc), Faculté des études supérieures de l'Université Laval, 88p.
 159. Monnier Y. (1981) : La poussière et la cendre : paysage, dynamique des formations végétales et stratégies des sociétés en Afrique de l'Ouest ; ACCT, Paris, 248p.
 160. Moizo B. (2003) : Perceptions et usages de la forêt en pays bara (Madagascar), Bois et forêts des tropiques, 278 (4), 25-35.
 161. Mpalanga M., Bolaluembe P.C., Ndembo J., Kadiata B., Kachaka E., Botula D., Lele B. (2015) : Evaluation de la biomasse d'un peuplement de *Millettia laurentii* De Wild. cas de la plantation de Kinduku à l'Université de Kinshasa (R.D. CONGO), Congo Sciences, Journal en Ligne de l'ACASTI et du CEDESURK, 3 (1), 31-40.
 162. Muhashy H. F., Nlandu L. et Malio N. (2011) : Habitats de la Réserve Domaine de chasse de Bombo-Lumene (R.D.Congo), Lexique Kiteke des plantes observées dans ces milieux. Bruxelles, 114p.
 163. Musibono. E (2005) : Du marasme d'un Etat-squelette aux défis du développement durable, Gestion de l'environnement au Congo- Kinshasa : Cueillette chronique et pauvreté durable. 186p.
 164. Mushiete O. (2001) : Plantation forestière et puits de carbone d'Ibi-Batéké : un souffle d'espoir pour la forêt congolaise, article publié dans « Quel avenir pour les forêts de la République démocratique du Congo? Instruments et mécanismes innovants pour une gestion durable des forêts » page 52.
 165. Mulavwa H., Lejoly J. et Lubini A. (2010) : Flore des forets communautaires à *Pentaclethra eetveldeana* de la région de Kisantu (R.D. CONGO), X. van der Burgt, J. van der Maesen & J.-M. Onana (eds) ,10p. Systématique et Conservation des Plantes Africaines, pp. 643–651. Royal Botanic Gardens, Kew.
 166. Murray Nabors (2009) : Biologie végétale (Traduction Française Sallég) Nouveau horizon", 248p.
 167. Myoung Hun P. (2008): Univariate Analysis and Normality Test Using SAS, Stata, and SPSS. 41p.

168. Nathalie HENRY (2003): Modélisation d'environnements naturels complexes: les forêts, Mémoire de DEA, Université Claude Bernard Lyon 1, 32p.
169. Nguinguiri J.C., (1999) : Les approches participatives dans la gestion des écosystèmes forestiers d'Afrique centrale, Jakarta-Indonesie, 28p.
170. Neter J., Kutner H., Nachtsheim J., Wasserman W. (1996): Applied linear statistical models, 1408p.
171. Nolet P. (2003) : Etude de la relation du ratio hauteur/diamètre avec la croissance et l'âge des gaules en peuplements feuillus dégradés. Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue. 32p.
172. Novacel (2009) : Manuel de qualité : CQSS, 40p.
173. Nsielolo Kitoko R., Lejoly J., Aloni Komanda J. (2015) : Sylviculture du *Millettia laurentii* De Wild. (Wenge) par macroboutures dans les savanes herbeuses du plateau des Batéké à Ibi/RD Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 Vol. 12 No. 1 Jul., pp. 123-131.
174. Nsielolo K. R., Lejoly J., Habari M. J.P., Aloni K. J. (2015) : Effets de lisière et de litière dans des savanes mises en défens contre les feux à Ibi- Batéké/ République Démocratique du Congo. Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo (RIFFEAC), Volume 5, pp 54-62.
175. Nsielolo Kitoko R., Lejoly J., Aloni Komanda J. (2015): Essai de plantation de *Millettia laurentii* De Wild. (Wengé) dans les savanes herbeuses du plateau des Batéké à Ibi-village, République Démocratique du Congo; Afrique science 11(5) (2015) 447- 458
176. N'zala D., Moutsambote J. M. et Koubouana F. (2005): Diversité spécifique et caractérisation des jachères forestières d'anciennes plantations de manioc au mayombe, Annales Université Marien NGOUABI.11p.
177. Otto H-J. (1998) : Ecologie forestière. Institut pour le développement forestier, Paris.
178. Ouzennou H. (2007) : Indice de qualité de station des pressières noires irrégulières, Mémoire de troisième cycle, programme de maîtrise en sciences forestières, Faculté des études supérieures de l'Université Laval, 46p.
179. Ouédraogo D-Y, Fayolle A., Kasso D., Demaret Ch., Bourland N., Lagoute P., and Doucet J-L (2014): Enrichment of Logging Gaps with a High Conservation Value Species. (*Pericopsis elata*) in a Central African Moist Forest. Forests 5, 3031-3047

180. Ouédraogo S.J. (1998): Multiplication végétative de *Faidherbia albida*, évolution comparée des parties souterraines et aériennes des plants issus de semis et de bouturage. Bois et forêts de tropiques, 237, (3) 31-44.
181. Oyono P. R, Morelli T.L., Sayer J.S, Makon S, Djeukam R., Hatcher J., Assembe S., Steil M., Douard P., Bigombé P., Kapa F., Lima R., Makak J.S., Tessa B., Mbouna D., Feintrenie L., Nkoua, Ndikumagenge C., Ntabirorere S. et Eyang F.E (2013): Affectation et utilisation des terres forestières : Evolutions actuelles, problèmes et perspectives. Les Forêts du bassin du Congo, Etat des Forêts 2013, pp 225-240.
182. Parent S. (1990) : Dictionnaire des Sciences de l'Environnement, 748p.
183. Pauwels L. (1993) : Nzayilu N'ti : Guide des arbres et arbustes de la région de Kinshasa-Brazzaville, jardin de Belgique, Meise 496p.
184. Pauwels L. (1972) : Catalogue des plantes des environs de Kinshasa, - (R.D. Congo - Afrique - Africa SPERMATOPHYTA (Spermatophytes), 322p.
185. Pelissier R. (1995) : Relations entre l'hétérogénéité spatiale et la dynamique de renouvellement d'une forêt dense humide sempervirente (Forêt d'Uppangala-Ghâts occidentaux de l'Inde), Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard-Lyon I, Spécialité Ecologie Forestière, Spécialité Ecologie Forestière, 244p.
186. Peltier R., Bisiaux F., Dubiez E., Marien J-N., Muliele J-C., Proce P. et Vermeulen C. (2010) : De la culture itinérante sur brûlis aux jachères enrichies productrices de charbon de bois, en Rep. Dem. Congo, manuscrit auteur, publié dans "ISDA", Montpellier : France, 16p.
187. Peltier R., Dubiez E., Diowo S., Gigaud M., Marien J-N., Marquant B., Peroches A., Proce P., Vermeulen C. (2014): Assisted Natural Regeneration in slash-and-burn agriculture: Results in the Democratic Republic of the Congo, Bois et Forêts des Tropiques , 321 (3) pp 67-79.
188. Perrier H. (1921) : La végétation malgache. P. 12-26, Annales de l'Institut Botanique-géologique Colonial de Marseille, Sér. 3(9), 268 p.
189. Picard N. (2007) : Dispositifs permanents pour le suivi des forêts en Afrique Centrale : un état des lieux, 38p.
190. Piet VAN DEFI POEL et Bocary K. (1990) : La recherche sur l'aménagement anti-érosif et la gestion de terroir au Mali-sud, 14p.

191. Piroton G. (2005) : Introduction à la systémique, boîte à outils conceptuels pour aider la réflexion, la formation et l'action des écologistes et de tous ceux qui sont tentés par une compréhension globale de la complexité, Etopia, 16p.
192. Pochet B. (2005): Méthodologie documentaire: Rechercher, consulter, rédiger à l'heure d'internet, 2ème édition 197p.
193. Poulin J., Messier Ch., Papaik M., Beaudet M. et Coates K. D. (2008): Rapport de paramétrisation du modèle de simulation de la dynamique forestière SORTIE-ND pour la forêt boréale et sub-boréale de l'ouest du Québec, centre d'étude de la forêt, Université du Québec à Montréal, 59p.
194. Porter B., MacLean A., Beaton P. et Upshall J. (2001) : Base de données sur les placettes d'échantillonnage permanentes du Nouveau-Brunswick (PSPDB v1.0) : Guide de l'utilisateur et analyse, 69p.
195. Prevost M.F. (1983) : Les fruits et les graines des espèces végétales pionnières de Guyane française, Rev. Ecol. (Terre, Vie) 38: 121-145.
196. Quiblier S., (2007) : Les éléments de la recherche scientifique mobilisables pour la mise en œuvre des corridors écologiques – Choix des espèces cibles et identification des connaissances nécessaires. Université de Rennes et Parcs naturels régionaux, Rapport de stage.
197. Rakotoarijaona J.R. (2004) : Système d'informations, aide à la décision et lutte contre les feux de brousse. In, Colloque international Développement durable, leçons et perspectives (pp. 93-100). Ouagadougou (Burkina Faso).
198. Rakotoarimanana J.R., Gondard V., Ranaivoarivelo H., et Carrière, S. (2008): Influence du pâturage sur la diversité floristique, la production et la qualité fourragère d'une savane des Hautes Terres malgaches (région de Fianarantsoa). Sécheresse, vol. 19, no 1, p. 39-46.
199. Rakotomalala Ricco (2011) : Tests de normalité, Techniques empiriques et tests statistiques : version 2.0. Université Lumière Lyon 2, 59p.
200. Rapey H. (2000) : Conditions économiques d'adoption de systèmes agroforestiers, Enquête et modélisation dans le cas du sylvopastoralisme. Thèse, ENSA de Montpellier, pp. 7-91.
201. Raven P.H, Berg L.R, et Hassenzahi D.M. (2009) : Environnement, Edition DeBoeck Université, Rue des Minimes, 39 B-1000 Bruxelles, 687p.

202. Reversat F. B, Diangana D. et Tsatsa. M. (1993) : Biomasse, minéralomasse et productivité en plantation d'*Acacia mangium* et *A. auriculiformis* au Congo, Bois et Forêts des Tropiques, 238, (4), 35-54.
203. Raynaut, C. (1997) : Sahels. Diversité et dynamiques des relations sociétés- nature. Karthala, Paris.
204. République Démocratique du Congo, Code forestier(2002) du Journal Officiel– Numéro Spécial 6 novembre, 102p.
205. Rollet (1969) : Etudes quantitatives d'une forêt dense humide sempervirente de plaine de la Guyane vénézuélienne, Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences. Toulouse.
206. Roussel L., Mormont M., Sohier C., Dautrebande S., Lebrun Ph., Ledant J.P, Grosjean E., Walot Th., Rouxhet S., (2004) : Évaluation des mesures agri-environnementales en Région wallonne (EVAGRI), résultats des travaux d'évaluation synthèse, 85p
207. Reynolds J.F., Maestre F.T., Kemp P.R., Stafford-Smith D.M., & Lambin E. (2007): Natural and Human Dimensions of Land Degradation in Drylands: Causes and Consequences. In Canadell J.G.,
208. Sankaran M., Hanan N.P., Scholes R.J., Ratnam J., Augustine D.J., Cade B.S., Gignoux J., Higgins S.I., Le Roux X., Ludwig F., Ardo J., Banyikwa F., Bronn A., Bucini G., Caylor K.K., Coughenour M.B., Diouf A., Ekaya W., Feral C.J., February E.C., Frost P.G.H., Hiernaux P., Hrabar H., Metzger K.L., Prins H.H.T., Ringrose S., Sea W., Tews J., J., W., & Zambatis N. (2005): Determinants of woody cover in African savannas. *Nature*, 438, 846-849.
209. Schwartz D., Dechamps R., Elenga H., Mariotti A., Vincencs A. (1996) : Les savanes d'Afrique centrale : des écosystèmes à l'origine complexe, spécifiques de l'holocène supérieur, Paris-France, pp.179-183
210. Schwarz E. (1999) : Une introduction à l'approche systémique. Centre interfacultaire d'étude syatémiq. Université de Neuchâtel, 19 p.
211. Schreckenber, K., Awono, A., Degrande, A., Mbosso, C., Ndoeye, O. & Tchoundjeu, Z., (2006): Domesticating indigenous fruit trees as a contribution to poverty reduction. *Forests, Trees and Livelihoods* Vol. 16, pp. 35-51.
212. Shaker V. (2009) : Les plantes ligneuses de Rwanda. Flore, écologie et usages. 14p.
213. Sente A. (2011) : Impact de l'*Acacia auriculiformis* sur les propriétés des sols sableux du plateau Batéké, République Démocratique du Congo. Mémoire présenté en vue de

- l'obtention du diplôme de Master en Bio-ingénieur en sciences et technologies de l'environnement ; UCL ; 98 p.
214. Senterre B. (2005) : Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale, Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, Faculté des Sciences, Ecole Interfacultaire de Bio ingénieurs Laboratoire de Botanique, systématique et de Phytosociologie, 477p.
 215. Servant M. et Servant-Vildary S. (éd.) (2000): Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers inter tropicaux. Actes du Symposium ECOFIT, ORSTOM-CNRS, Bondy (France), 20-22/03/1996.
 216. Sébillotte M. (1991): La jachère dans les systèmes de culture: éléments pour une théorie. *In*: "La jachère en Afrique de l'Ouest", Atelier international, Montpellier, France, Collection O.R.S.T.O.M.
 217. Stervenson N.S. (1928): Aménagement des forêts d'Acajou dans le Honduras britannique. *Revue de botanique appliquée*, 281-283.
 218. Syaka Sadio et Otto H-J (1997): Techniques de conservation des sols et de gestion intégrée de la fertilité en appui au programme de sécurité alimentaire : Guide pratique de terrain. 96p.
 219. Soro S., N'guessan K. A, Dossahoua T. (2009) : Régénération des Souches d'arbres de *Acacia auriculaeformis* A. Cunn. Ex Benth au Nord de la Cote D'Ivoire, *International Journal of African Studies*, pp.4-13.
 220. Tafokou Jiofack R. B (2014) : Gestion des populations d'un produit forestier non ligneux à usage multiple : *Tetracarpidium conophorum* (Mull. Arg.) Hutch. & Dalz. (Euphorbiaceae) dans les systèmes d'aménagement forestier au Cameroun. Thèse de doctorat, Ecole Régionale Post-Universitaire d'Aménagement et de gestion Intégrés des Forêts et territoires Tropicaux- ÉRAIFT-, 285p.
 221. Taylor C.J (1954): La régénération de la forêt tropicale dense dans l'Ouest Africain. *Bois et forêts de tropiques*, 37, 19-26.
 222. Touré Cheikh et Kremer Wilfried (2002): Concept: aire mise en défens, Projet Auto promotion et Gestion des Ressources Naturelles au Sine Saloum (PAGERNA), 10 p.
 223. Toutain B., Bortoli L., Dulieu D., Forigirmi G., Menaut J.C., PIOT J., (1983): espèces ligneuses et herbacées dans les écosystèmes pâturés sahéliens de Haute-Volta. ACC GRIZA (LA-T), GERDAT, 124 p.

224. Torquebiau E. (2007): L'agroforesterie, des arbres et des champs éd. L'Harmattan, CIRAD.
225. Toyi M.S., Bastin J.-F., M. André, Cannière C. De, Sinsin B. & Bogaert J. (2013): Effets de lisière sur la productivité du teck (*Tectona grandis* L.f.): étude de cas des teckeraies privées du Sud-Bénin, TROPICULTURA, 31, (1), 71-77.
226. UICN, FENOP, GREEN SENEGAL, RESEAU MARP BURKINA (2010) : Rapport de caractérisation de cas de deux paysans innovateurs dans la région nord du Burkina faso en matière de la régénération naturelle assistée Cas de Ali OUEDRAOGO et de Ousséni KINDO, 36p.
227. Udo H. (2011): Multiplication et valorisation horticole des plantes de forêt sèche indigènes à la Nouvelle- Calédonie, Rapport de recherche, Institut Agronomique Néo Calédonien, 62p.
228. UICN et GREEN SENEGAL (2009): Rapport de caractérisation des sites de Koungheul et de Rao en matière de régénération naturelle assistée, 26p.
229. USAID, (2006): Etude de la régénération naturelle assistée dans la région de ZINDER (Niger), 56p.
230. Vande Weghe J-P. (2004) : Forêt d'Afrique centrale : la nature et l'homme, Editions Iannoo SA. Belgique, 357 p.
231. Vande Weghe J-P., Franssen J. Kalambay G., Kramkimel J-D., et Musibono D. (2005): Etude "Profil Environnemental (PEP) de la République Démocratique du Congo" 227 p.
232. Verheij Ed (2005) : Multiplier et planter les arbres, Agrodok 19, 110p.
233. Vermeulen C. et Lanata F. (2006) : Le domaine de chasse de Bomba Lumene : un espace naturel en péril aux frontières de Kinshasa, Parcs et Réserves, vol : 61 n°2 pp 4-8
234. Wiersum K.F., (1996): Domestication of valuable trees species in agroforestry systems: evolutionary stages from gathering to breeding. In: Leakey, R.R.B., Temu, A.B. et Melnyk, M (eds.). Domestication and commercialization of non-timber forest products in agroforestry systems. Technical papers, Non-wood forest products 9. FAO, Rome, Italie. 147-158.
235. Yoka J., Loumeto J.J. et Vouidibio J. (2007): Quelques caractéristiques écologiques des savanes de la zone d'Ollombo (cuvette Congolaise, République du Congo), Faculté des Sciences. Annales de l'Université Marien Ngouabi, Sciences et Techniques, 8 (4) : 74-87

236. Yossi H., Kaya B., Traoré C.O., Niang A., Butare I., Levasseur V., Sanogo D. (2006) : Les haies vives au Sahel, état des connaissances et recommandations pour la recherche et le développement, World Agroforestry Center, 60p.
237. Youta Happi (1998) : Arbres contre graminées : la lente invasion de la savane par la forêt au centre de Cameroun. Paris, Université Paris-IV, Thèse de Doctorat, 240 p.
238. Young A. (1995) : L'agroforesterie pour la conservation du sol, Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, Bruxelles, 183p.
239. Zohra L. C., Bouafif H., Khaldi A., Chakroun H. et Caloz R. (2005) : Télédétection et Analyse spatiale de la régénération forestière post-incendie dans le massif de Boukornine au sud de Tunis, vol. 5, n° (1-2-3), 21p.

Quelques sites consultés

1. <http://database.prota.org/PROTAhtml/Millettia>; consulté le 05.02.2014.
2. http://www.batéké.com/Bateké/4_plateaux), consulté le 16.04.2012.
3. http://carpe.umd.edu/resources/Documents/Leconi_SOF2006_fr.pdf, consulté le 17.04.2012.
4. <http://congo-guide.com/index.php/info-congo-guide/30-focus/301-le-royaume-teke>, consulté le 13.02.2012.
5. <http://www.cons-dev.org/elearning/stat/parametrique/5-3/5-3.html>, consulté le 08.05.2013
6. <http://www.fao.org/docrep/w4442f/w4442f08.htm>, consulté le Lundi, 17.08.2015.
7. http://www.statistiques-mondiales.com/congo_kinshasa.htm, consulté le 22.08.2015

ANNEXES

Annexe 1. Croissance en hauteur (cm) de *M. laurentii* de T1 dans les NF

Temps N F	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Janvier 2011	Juin 2011	Décembre 2011	Juin 2012	Décembre 2012	Juin 2013	Décembre 2013	Juillet 2015
Ages (mois)	0	6	12	18	24	30	36	55
1	21,5	37	45,5	79	119,6	138	159	228,4
2	18	36,2	52	79,6	120	138	144	226
3	26	45	96	121	143	195	255	325,7
4	20	36,2	46	54	98	110	125	220,8
5	20	32	49	74	119	135	154	234
6	27	33,5	57	63	107	124	143	226,4
7	29	46,5	50	69,5	201	252	302	327,2
8	27	46,5	50,5	97,5	121	184	229	303,8
9	26	77	81,2	174	202	264	328	398,2
10	27	45,5	63	93	167	213	257	331,9
11	29	50,6	79	128	108	168,4	245	316,6
12	22	43,5	60	99	89	161	186	267,6
13	26	60	74,3	173	155	171	277	346,3
14	25	43,9	81	114	104	251	272	369,8
15	26	38	32	61	94	116	137	229,2
16	38	42	56,9	63	83	120	131	202,1
17	26	42	59	60	73	157,5	190	284,2
18	30	52	85,5	145	162	211	238	304,3
19	25	43	52	79	169	208	221	275,6
20	24	35,3	63	79	116	167	179	381
21	28	41	88,4	73	97	119	183	273,9
22	23	41	55	69	113	230	237	493
23	27	49	63	76	86	124	177	248,3
24	33	39,7	63	90	48	176	189	288,8
25	20	43	74	83	78	126,1	207	284,9
26	31	44	58	75	100,1	128,9	135	222,1
27	37	88,5	130	145	163	275	439	535,6
28	18	28	47	59	98	119	133	230,5
29	28	34,7	62	41	68	102,7	155	225,2
30	35,5	53	60	81	122	143	168	231,9
31	15	30	60	101	114	136,3	176	250,6
32	21,5	38	58	94	130	143,5	154	243
33	18	53,8	132	152	170,3	200,2	260	318,7
34	24	49	54	64	100	154	165	248,9
35	18	35,9	74	111	130	167	173	227,2
36	19,5	78,7	145	159	188	223,5	230	316,6
Moyenne	25,25	45,3	68,2	93,8	121	168,1	204,2	289,9
Ecart-type	5,4	13,1	24,7	34,9	37,6	47,5	66,3	75,1
Max	38	88,5	145	174	202	275	439	535,6
Min	15	28	32	41	48	102,7	125	202,1

Annexe 2. Croissance en diamètre (cm) de *M. laurentii* de T1 dans les NF

Temps NF	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Janvier2 011	Juin 2011	Décembre 2011	Juin 2012	Décembre 2012	Juin 2013	Décembre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	6	12	18	24	30	36	55
1	0,6	0,9	1,2	1,4	1,8	2	2,4	3,5
2	0,8	1	1,3	1,8	2	2,4	3	3,9
3	0,6	0,7	1,2	1,5	1,6	3	3,2	4,1
4	0,8	0,9	1,3	1,7	2	2,2	2,5	3,6
5	0,7	0,8	1,1	1,3	2,1	2,5	2,6	3,2
6	0,7	0,7	1	1,2	1,9	2,2	2,6	3,7
7	0,7	0,8	1,3	1,5	2,8	3	3,2	4
8	0,6	0,8	1	1,3	1,9	3,4	3,9	4,8
9	0,8	1,3	1,5	1,8	2,3	3,5	3,9	4,5
10	0,6	1,3	1,4	1,6	2,4	2,8	2,9	4
11	0,6	1	1,2	1,6	2,1	2,7	3,4	4,2
12	0,7	0,9	1,1	1,6	1,8	2	2,2	2,9
13	0,7	1,2	1,5	2,2	2,4	3	3,4	4,5
14	0,6	1	1,4	2	2,1	2,8	3	3,9
15	0,7	0,7	1	1,2	1,4	1,6	1,7	2,4
16	0,6	0,8	1	1,2	1,3	1,5	1,6	2,3
17	0,6	0,8	1,2	1,1	1,2	1,5	2,4	3,4
18	0,7	1,1	1,9	2	2,1	2,3	2,5	3,5
19	0,8	0,8	1	1,5	2,4	2,7	3	4,1
20	0,6	0,7	1	1,3	1,5	1,7	1,8	2,6
21	0,6	1	1,6	1,9	2	2,1	2,3	3,2
22	0,6	0,7	1	1,3	1,5	2,4	2,5	3,6
23	0,7	0,9	1,2	1,4	1,5	1,9	2,4	2,9
24	0,7	0,8	1,1	1,3	1,8	2	2,8	3,8
25	0,8	1	1,2	1,8	2,2	2,6	3	3,7
26	0,6	0,8	1	1,3	1,5	1,8	2	2,6
27	0,9	1,7	2	2,7	3	4,2	5	5,7
28	0,6	0,7	1,2	1,5	1,7	2,5	2,6	3,5
29	0,5	0,6	1,1	1,1	1,2	1,4	1,7	2,4
30	0,7	0,9	1,2	1,3	1,5	1,7	1,8	3,5
31	0,6	0,7	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2	3,2
32	0,8	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,1	3,2
33	0,6	0,9	1,3	1,6	1,8	2	2,2	2,8
34	0,6	1	1,5	1,7	1,8	2,8	3,3	4,2
35	0,4	0,7	1,2	1,3	1,5	1,7	2,2	3,9
36	0,8	1,1	1,2	1,8	2	3	3,4	4,9
Moyenne	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,3	2,6	3,6
Ecart-type	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7
Max	0,9	1,7	2	2,7	3	4,2	5	5,7
Min	0,4	0,6	1	1,1	1,2	1,4	1,6	2,3

Annexe 3. Croissance en hauteur (cm) de *M. laurentii* de T2 dans les NF

Temps	t₀	t₁	t₂	t₃	t₄	t₅	t₆	t₇
NF	Janvier 2011	Juin 2011	Décembre 2011	Juin 2012	Décembre 2012	Juin 2013	Décembre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	6	12	18	24	30	36	55
1	29	12	19,5	52	87	132	191	288,6
2	18	20	32,3	52	61	91	137	215,5
3	24,5	34,5	66	100	166	204	216	283
4	26	12	61,4	122	201	260,5	285	379,7
5	27	47	84	98	119	179	228	343
6	29	39	59,8	104	107	185	219	306,7
7	29,5	39,5	73,2	133	201	222,4	283	333,6
8	27	47	64	120	121	219	251	341,6
9	21	41	50	80	105	190	210	288
10	31	61	83	155	167	268	300	378,5
11	31	41	63	69	108	198	225,5	323,5
12	13	15	26,5	59	89	99	125	181,8
13	33	63	82	111	155	242	251	305,6
14	27	37	67	78	104	174	207	294
15	30	40	56,5	85	94	130	143	192,7
16	11	21	34	79	83	166,3	236	325,7
17	15	25	32	40	73	89,2	103	132,3
18	34	54	75,2	130,5	142	250	279	377,5
19	29	30	39	117	169	264	333	462,5
20	32	50	72,6	105	116	192,8	300	435
21	34	50	59	77	97	145,5	169	244,8
22	32	52	69,6	104	113	136	205	283
23	28	30	42	68	86	166,7	199	286,4
24	15	23	25	31	48	67,3	78	158
25	31	41	84	55	78	109,9	143	197,1
26	30	38	41	55	94	115	126	183
27	35	45	61	109	163	167	193	238
28	17	11	38	85	98	126	129	184,8
29	15	19	39	93	122	130,3	147	186,8
30	34	44	67	100	114	123	132	177
31	14,5	24,5	36	121	130	168,5	196	252
32	29	30	34	48	93	118	126	229
33	19	24	31	86	100	145,4	170	257,5
34	29	40	64,5	78	96	132	147	282
35	12	14	24	64	73	81	97	168,4
36	18	28	57,8	103,5	139	184,5	210	287
Moyenne	25,2	34,5	53,1	87,9	114,2	163,1	194,1	272,3
Ecart-type	7,3	14,1	19,3	29,0	36,6	54,3	64,3	79,8
Max	35	63	84	155	201	268	333	462,5
Min	11	11	19,5	31	48	67,3	78	132,3

Annexe 4. Croissance en diamètre (cm) de *M. laurentii* de T2 dans les NF

Temps	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7
NF	Janvier 2011	Juin 2011	Décembre 2011	Juin 2012	Décembre 2012	Juin 2013	Décembre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	6	12	18	24	30	36	55
1	0,5	0,8	1,1	1,3	1,5	2	2,2	3,8
2	0,4	0,5	0,9	1,1	1,8	2,5	2,7	3,9
3	0,7	0,9	1,3	2	2,2	2,5	2,6	3,1
4	0,4	0,7	1,3	2,7	3	3,2	3,3	4,3
5	1	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,6	3,3
6	0,7	1,2	1,5	1,8	2	2,6	2,8	3,3
7	0,7	1,2	2	2,8	2,9	3	3,3	4,7
8	0,8	1,4	1,6	1,9	2,8	3,1	3,2	4,6
9	0,9	1,1	1,4	1,8	2	2,2	2,2	3,4
10	0,7	1,1	1,6	2,2	2,8	3	3,3	4
11	0,8	1,1	1,3	2,1	2,8	3,7	3,9	5,4
12	0,4	0,9	1,3	1,6	1,8	2,3	2,4	3,3
13	0,7	1,3	1,6	1,9	2,8	3	3,1	3,4
14	0,6	0,9	1,5	1,8	2,1	2,7	2,8	3,4
15	0,7	1,1	1,3	1,9	2,4	2,7	2,7	3,2
16	0,6	0,7	1	1,5	2	2,3	2,6	3,5
17	0,4	0,7	1,4	1,7	2,3	2,6	2,7	3,1
18	0,8	1,4	1,8	2,1	3,4	4,1	4,2	5,2
19	0,7	1,1	1,7	2,4	2,8	3,6	3,7	4,2
20	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2	3,6
21	0,8	1	1,2	1,4	2	2,4	2,6	3,1
22	0,6	0,9	1,1	1,8	2	2,3	2,4	3,5
23	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,5
24	0,3	0,7	1	1,3	1,5	2	2,4	3
25	0,5	0,7	0,8	0,9	1,3	1,5	1,8	2,3
26	0,5	0,6	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6	3,1
27	0,9	1	1,3	1,5	1,7	2	2,2	3,3
28	0,6	0,9	1,3	1,6	1,8	2,1	2,2	3,4
29	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	3,4
30	0,8	0,9	1,1	1,6	1,8	2	2,2	3,9
31	0,5	0,8	1	2,1	2,3	3	3,4	4,6
32	0,7	1	1,4	1,7	1,8	2,3	3	4,9
33	0,5	0,6	0,2	0,5	0,6	0,9	1	2,3
34	0,9	1	1,1	1,4	1,5	1,9	2,3	3,8
35	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,3	1,5	2,5
36	0,7	0,8	1	1,1	1,2	1,4	1,5	3,2
Moyenne	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,3	2,5	3,6
Ecart-type	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7
Max	1	1,6	2	2,8	3,4	4,1	4,2	5,4
Min	0,3	0,5	0,2	0,5	0,6	0,9	1	2,3

Annexe 5. Croissance en hauteur (cm) de *M. laurentii* de T3 dans les NF

Temps	t₀	t₁	t₂	t₃	t₄	t₅	t₆	t₇
	Janvier 2011	Juin 2011	Décembre 2011	Juin 2012	Décembre 2012	Juin 2013	Décembre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	6	12	18	24	30	36	55
1	26	30	33	40	47,8	53,8	58	98,9
2	24	37	44	111	151	229	275	337,8
3	20	33	50	63	110	128	174	256
4	15	20,5	35	41	101	126,2	134,5	179,6
5	28	35,8	65	99,5	125	165,4	173	230,8
6	27	34	40	60	81,7	103,2	127	180,6
7	17	34,6	53	80	97,5	105,4	147	234,8
8	15,7	21	25,7	28	32	32,5	34,5	87,9
9	18	18,7	28,3	41	73	132	151	207
10	27	35	40	42	47	67	110,5	198,6
11	21	27	41	82	94	129	185	272,5
12	24	29	44	64	82	127,5	175	230,7
13	29	43	49	50	52	111	113	198
14	19	23	42	51	62	79	95	167,3
15	27	46,5	72	117	148	264	281	329,6
16	31	45	61	84	98	147,5	153	254,1
17	23	30	33	48	67	96	107	154,8
18	24	37	54	69	74	149,6	162	200
19	25	36	45	54	56	88	146	213,6
20	28	28	41	71	102	184	254	356,7
21	18	34	38	46	63	115	160	289,9
22	30	47	84	107,5	167	244	256	308,6
23	25	37,8	40	53	86	123	142	186,7
24	20,6	43,6	64,6	68	79,3	111	146	227
25	30	36	38	59	110,5	120,2	127	206,3
26	15	27	35	40	86	115	123	209,6
27	20	30	40	103	140	167	187	276,3
28	30	23	27	51	55	94,4	121	205,1
29	37	30	35	55,5	89	168	183	250
30	35,8	21	25,8	36	52	65	68	120
31	29	32,2	37	81	97	154	159,5	223,6
32	32	46,5	59	76	92	133,5	157	245,5
33	32	45	58	124	162,4	204,5	216	278,2
34	28	47	68	97	111	177	179	267,8
35	30,4	32	38,4	45	72	118	171	302
36	35,7	31	35,7	50	64	150	167,5	267,6
Moyenne	25,4	33,5	44,9	66,3	89,6	132,7	156,0	229,2
Ecart-type	5,9	8,1	13,8	25,3	33,7	50,7	54,6	62,0
Max	37	47	84	124	167	264	281	356,7
Min	15	18,7	25,7	28	32	32,5	34,5	87,9

Annexe 6. Croissance en diamètre (cm) de *M. laurentii* de T3 dans les NF

Temps NF	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Janvier 2011	Juin 2011	Décembre 2011	Juin 2012	Décembre 2012	Juin 2013	Décembre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	6	12	18	24	30	36	55
1	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1	1,3	2,8
2	0,7	0,9	1,7	2,3	2,8	3,1	3,4	4,9
3	0,7	0,9	1,2	1,4	1,9	2	2,2	3,6
4	0,4	0,7	1	1,3	1,6	1,7	1,8	2,4
5	1	1,4	2	2,1	2,3	2,6	3	3,9
6	0,8	1	1,5	1,8	2	2,2	2,4	3,8
7	0,7	0,9	1,4	1,6	1,7	1,9	2	2,7
8	0,5	0,8	0,9	1	1,2	1,3	1,7	3,5
9	0,3	0,4	1,3	1,5	2,2	2,3	2,6	4,6
10	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,2	1,5	3,2
11	1	1,1	1,4	1,7	2,3	2,6	3	3,6
12	0,7	1,2	1,4	1,4	2,5	2,8	3	3,7
13	0,7	0,9	1,4	1,9	2	2,2	2,4	3,1
14	0,9	1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,7
15	1	1,4	2,1	2,6	3,1	3,4	3,8	4,2
16	1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,5	3	3,5
17	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,3	1,7	2,4
18	1	1,4	1,6	1,9	2,4	2,5	2,7	3,4
19	0,5	0,7	1,1	1,2	2	2,3	2,6	3,6
20	0,8	0,9	1,2	1,6	2,7	3	3,3	4
21	0,4	0,5	0,8	1,1	2	2,3	2,6	3,1
22	0,7	0,9	1,2	1,6	1,8	1,9	2,2	3,7
23	0,6	0,8	1,2	1,9	2,6	2,8	3,1	3,6
24	0,5	0,6	1	1,3	1,6	1,8	2	2,6
25	0,6	0,7	0,9	1	1,2	1,3	1,3	3,2
26	0,8	0,9	1,1	1,1	2	2,2	2,2	2,9
27	1	1,2	2	2,4	3,1	3,4	3,4	5,4
28	0,4	0,6	0,9	1,5	2,1	2,2	2,5	3
29	0,6	0,7	1,4	1,7	2,6	3,3	3,5	5,4
30	0,5	0,6	0,9	1,1	1,7	2	2,8	3,5
31	0,7	0,8	1,3	1,7	2,1	2,6	2,8	4,7
32	0,6	0,7	0,9	1,1	1,6	1,8	2	3,1
33	1	1,1	1,5	1,9	2,3	2,5	2,8	3,5
34	1	1,3	1,6	2	2,6	3,2	3,4	4,5
35	0,5	0,6	0,7	1	1,5	2,2	2,3	3,6
36	0,6	0,7	0,8	1,1	1,6	2	2,3	3,4
Moyenne	0,6	0,8	1,2	1,5	2,0	2,2	2,5	3,5
Ecart-type	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7
Max	1	1,4	2,1	2,6	3,1	3,4	3,8	5,4
Min	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	1	1,3	2,4

Annexe 7. Croissance en hauteur (cm) de *M. laurentii* de T4 dans les NF

Temps NF	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Janvier 2011	Juin 2011	Décembre 2011	Juin 2012	Décembre 2012	Juin 2013	Décembre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	6	12	18	24	30	36	55
1	38,4	48,4	69,2	97	123	155	181	258,4
2	15	17	27	37	65,5	135,6	197	235,6
3	20,5	12,5	32	52	93	147	161	215,6
4	15	17	30	52	89	160,2	193	258,5
5	30,7	25,7	42	50	107,5	176	202	255
6	32	33	37,8	41	81	171	218,5	286,3
7	24	22	33	43	69	113,4	166	250
8	17	19	28	44	77	111,8	170	249,4
9	36	27	36	41	89	126,4	129	178,6
10	27	30	38	46	55	80,2	102,5	196,7
11	28	34	40	46	81	130	176	239
12	35	32	40,4	54	102	173	243	313,5
13	19	18	25	29	41	81	98	173,1
14	32,7	37,7	44	56	70	143	165	248,5
15	20	13	17	22	27	39,3	67	150
16	10	12	25	39	74	149	160	252,1
17	21	15	19	22	40	78	92	152,9
18	10	12	26	47,6	94	138,2	146	211,2
19	23	17	23	33	57	77,5	98	137,6
20	10	13	23	24	29	56	74	133,8
21	25	16	18	26	46	78	97	178
22	16	6	23	27	55	95	102	150,9
23	25	16	27	46	83	112,7	129	206,1
24	16,7	18,7	28	47	37	87,9	98	152
25	40	48	55	62	68	111,2	158	226,8
26	15	18	35	50,5	81	117,2	134	170,8
27	31	13	28	31	50	103	119	194
28	33	13	17	20	32	76	98	176,4
29	42	47	49	55	65	86	102	191
30	35	40	50	55	60	74,2	97	143,6
31	15,4	19,4	23	31	55	62,7	87	171,9
32	27	13	17	32	46	57	68	132,8
33	29	12	20	38	59	99	112	189,6
34	33	12	17	22	38	54	78	152,6
35	31	13	18,8	32,5	45	85,4	108	147,8
36	23,5	15	23	30,4	60	115,5	135	206
Moyenne	25,0	21,5	30,6	41,1	65,1	107,1	132,2	199,6
Ecart-type	8,9	11,4	12,1	15,0	23,3	37,0	45,4	47,3
Max	42	48,4	69,2	97	123	176	243	313,5
Min	10	6	17	20	27	39,3	67	132,8

Annexe 8. Croissance en diamètre (cm) de *M. laurentii* de T4 dans les NF

Temps NF	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Janvier 2011	Juin 2011	Décembre 2011	Juin 2012	Décembre 2012	Juin 2013	Décembre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	6	12	18	24	30	36	55
1	0,5	0,7	1	1,2	1,5	2	2,4	4,6
2	0,6	0,7	0,9	1,3	1,7	2	2,1	4,5
3	0,7	1	1,1	1,4	1,9	3,2	3,5	4,2
4	0,4	0,6	1	1,5	2,1	2,7	3	3,7
5	0,8	1	1,3	1,7	2,5	3,1	3,1	3,4
6	0,7	0,9	1	1,2	1,4	1,9	2,1	2,8
7	0,7	0,8	0,8	1,1	1,3	1,5	2	2,4
8	0,8	1	1,2	1,4	1,7	2	2,4	4,3
9	0,9	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2	2,8
10	0,7	0,8	0,9	0,9	1,2	1,3	1,4	3,2
11	0,8	0,9	1,4	1,5	2	2,5	3	3,4
12	1	1,5	1,7	1,8	2	2,7	3,1	3,8
13	0,7	0,7	0,7	0,8	1	1,1	1,2	2,2
14	0,6	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2	3
15	0,7	0,2	0,5	0,4	0,7	1	1,1	2,8
16	0,6	0,7	0,7	1	1,5	2	2,1	4,6
17	1	1,2	1,5	1,7	1,9	2	2	3,3
18	0,8	0,9	1	1,2	1,2	1,5	1,7	3,4
19	0,5	0,6	0,6	0,7	1,3	1,7	1,9	2,6
20	0,7	0,7	0,9	1	1,1	1,2	1,3	2,1
21	0,8	0,9	0,9	1	1,4	1,5	1,7	2,5
22	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,2	1,3	2,9
23	0,5	0,7	0,8	1	1,4	1,6	2	3,3
24	1	1,4	1,5	1,7	1,7	2	2,1	2,4
25	0,5	0,8	0,9	1	1,6	1,8	2	3,5
26	0,5	0,8	0,9	1,2	1,8	2,1	2,6	4,7
27	0,7	1	1,4	1,7	1,9	2	2,5	4,3
28	0,9	1	1,5	1,7	2	2,1	2,3	4,1
29	1	1,6	2	2,6	3	3,3	4	3,3
30	0,6	0,9	1,8	2	2,2	2,5	3	4,8
31	0,5	1	1,8	2,1	2,3	2,4	3	4,1
32	0,5	1,2	1,5	1,7	2	2,3	2,5	3,2
33	0,5	0,9	1,5	1,7	2	2,5	2,8	3,6
34	0,6	1	1,5	1,7	1,7	2	2,5	3,6
35	0,8	1,1	1,6	1,8	2,3	2,5	3,1	4,4
36	0,6	1	1,7	1,8	2	2,2	2,6	3,9
Moyenne	0,6	0,9	1,1	1,3	1,7	2,0	2,3	3,4
Ecart-type	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
Max	1	1,6	2	2,6	3	3,3	4	4,8
Min	0,4	0,2	0,5	0,4	0,7	1	1,1	2,1

Annexe 9. Croissance en diamètre (cm) des macroboutres de *M. laurentii* de T1

Temps	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Octobre 2012	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	2	4	6	8	10	12	33
1	3,9	2,8	3,1	3,5	3,4	3,6	3,8	5,3
2	3,8	3,5	4	3,2	4,5	4,5	4,8	5,8
3	2,8	2,6	3,1	3,2	4	4,4	4,6	5,6
4	3,7	3,6	3,3	4,1	4,9	5	5,1	6
5	4	3,9	4	3,8	3,5	3,6	5,2	6,2
6	4,6	4,2	4,6	4,6	4,9	5	5	6,3
7	3,8	3,7	3,7	3,5	3,3	3,8	5,1	6,1
8	3,3	2,9	3,2	3,5	4	4,4	4,5	5,7
9	4,7	4,5	4,6	4,7	3	3,1	3,4	4,5
10	3,6	3,4	3,2	3,3	3,2	2,7	3,1	4,7
11	3,3	3	3,3	3,3	3,9	4,3	4,7	6
12	2,7	2,6	2,5	2,6	3,6	4	4,2	5,2
13	4,2	3,7	4,2	4,4	4,5	4,7	4,8	5,5
14	3,7	3,7	3,8	3,8	4	4,1	4,2	5,5
15	3,3	3,5	3,6	3,6	3	3,3	4,2	5,4
16	3,1	2,9	2,9	2,9	3,6	4,3	4,5	5,8
17	2,8	2,9	3,6	3,9	3,3	3,4	4,3	5,3
18	3	2,9	2,8	2,9	4,3	4,7	4,8	5,8
19	2,9	2,7	2,9	3	5	5,1	5,3	6,4
20	3,1	2,8	2,9	3	3,9	4	5,1	6
21	3,9	3,8	4,1	4,2	2,7	3,1	4	5
22	4,2	4,1	4,6	4,7	3,3	4,7	4,8	5,9
23	5,2	4,6	4,9	5	5,3	5,4	5,8	7
24	2,5	2,3	2,3	2,3	4	4,4	4,6	6
25	3	3	3	3	4,6	3,9	4,4	5,3
26	2,6	2,5	2,1	2,6	4	3,9	4,2	5,3
27	3,3	3,2	3,4	3,8	4,2	4,3	4,3	5,5
28	4,3	4,1	4,3	4,3	3	3	3,1	4
29	3,6	3,6	3,7	3,9	3,7	3,8	3,8	4,6
30	3,8	3,9	3,8	4	3,9	4	4,3	5,7
31	2,8	2,6	2,8	2,8	3,5	3,6	4	5,2
32	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4			
33	4,4	4,8	4,9	3,7	4			
34	3,9	3,5	3,7	3,3	5,3			
35	3,4	3,3	3,8	3	4,4			
36	3,4	3,3	3,2	3,8	2,9			
37	2,8	2,8	3	5,1	3,7			
38	3,8	3,1	3,3	4,1	5			
39	3,1	3	3,1	2,8	4,2			
40	3,8	3,7	3,7	3,5	5			
41	4,5	2,9	2,8	4,9	3,7			
42	3,8	3,3	3,5	4	4,8			
43	3,9	3,9	4,3					
44	4,2	4,1	3,9					

Temps	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Octobre 2012	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	2	4	6	8	10	12	33
45	3,9	3,9	4,6					
46	3,5	3,2	3,5					
47	4,4	4,3	4,2					
48	4,1	4,1	4,2					
49	4,3	4	4,2					
Moyenne	3,6	3,4	3,5	3,6	3,9	4,0	4,4	5,5
Ecart-type	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Max	5,2	4,8	4,9	5,1	5,3	5,4	5,8	7
Min	2,5	2,3	2,1	2,3	2,7	2,7	3,1	4

Annexe 10. Croissance en diamètre (cm) des macroboutes de *M. laurentii* de T2

Temps	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Octobre 2012	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	2	4	6	8	10	12	33
1	4,7	4,4	4,6	5	5,7	3,8	3,8	5,1
2	5,2	4,2	4,3	4,3	4,5	4,9	5,4	6,6
3	4,3	3,9	4,3	4,4	4,5	4,5	4,8	6
4	3,7	3,7	4,2	4,4	4,5	4,5	4,8	5,8
5	3,2	3,2	3,1	3,4	3,6	3,6	3,7	4,9
6	3,7	3,6	4,3	4,3	4,5	4,6	4,6	5,4
7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,6	2,8	2,8	3,8
8	5,3	2,8	2,7	3,5	3,7	3,8	3,9	5
9	3,7	3,2	3,5	3,9	4	4,1	4,1	5,3
10	3,2	3,2	3	2,9	3,1	3,1	3,2	4
11	5,2	4,4	4,6	5	5,2	5,8	6,3	7,6
12	2,8	2,6	2,7	2,7	2,9	3	3,1	4,1
13	4,9	4	4,4	4,5	4,7	4,8	5	5,9
14	3,3	3,3	3,5	3,5	4,8	4,9	4,9	6
15	4,9	4	3,8	4,4	4,8	4,9	4,9	6
16	3,1	3,1	3,4	4,5	3,8	3,9	4	5,1
17	3,1	3,2	3,2	3,7	2,9	3,2	3,2	4,8
18	2,7	2,8	2,6	2,8	4,4	4,5	4,5	5,9
19	4	4,1	4	4,1	2,5	2,6	2,6	3,5
20	2,7	2,6	2,5	2,5	4,5	4,6	4,6	5,6
21	4,6	4,4	4,3	4,3	2,6	2,8	2,8	4
22	2,8	2,5	2,5	2,5	2,4	3,5	3,5	4,7
23	4,3	4	4,2	4,3	4,3	4,5	4,5	5,6
24	2,5	2,6	2,7	2,8	2,7	3,5	3,5	5
25	2,9	2,2	2,3	2,5	3,4	4,7	4,7	5,8
26	3,6	3,1	2,9	3	4,4	3,5	3,6	5
27	3,9	4	4,1	4,2	3,4	3,9	4	5,4
28	3,3	4	4,1	4,2	3,8	3,3	3,6	4,8

Temps	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Octobre 2012	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	2	4	6	8	10	12	33
29	3	3,1	3,6	3,6	3,3	3,3	3,3	4
30	3,3	3,3	3,2	3,2	2,8	2,8	2,9	4,1
31	2,7	2,6	3	2,7	2,8	2,9	3	4
32	3	2,8	2,7	2,7	2,9	3	3	4,5
33	4,8	3,7	2,7	2,7	4,8	4,8	4,8	6
34	4,1	3,8	3,8	4,7	3,4	5		
35	2,8	2,6	2,8	3,2	2,8			
36	3,8	3,8	3,6	2,7	4			
37	3,3	3,1	3,2	3,8	3,9			
38	5,3	5	5,2	5,8	6,1			
39	4	3,9	2,3	4	3			
40	2,7	2,7	3,7	2,9	4			
41	5,6	3,6	2,7	3,8	2,9			
42	2,8	2,8	3,9	2,8	2,9			
43	3,1	3,5	2,8	3,8	4			
44	3,1	3	3,6	3,6	3,9			
45	2,8	2,7	3,7	3,7	3,8			
46	2,9	2,9	2,7					
47	3	3	2,7					
48	3,2	3,1	3,5					
49	3,6	3,5	2,2					
Moyenne	3,6	3,3	3,3	3,6	3,7	3,9	3,9	5,1
Ecart-type	0,8	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
Max	5,6	5	5,2	5,8	6,1	5,8	6,3	7,6
Min	2,5	2,2	2,2	2,5	2,4	2,6	2,6	3,5

Annexe 11. Croissance en diamètre (cm) des macroboutes de *M. laurentii* de T3

Temps	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Octobre 2012	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	2	4	6	8	10	12	33
1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,8	3	3,2	4,6
2	2,8	2,6	2,4	3,8	3,8	2,3	2,3	3,6
3	2,4	2,3	2,3	3,8	4	4,1	4,1	5,4
4	3,3	3,2	3,3	3,8	5,4	5,5	5,5	6,3
5	2,9	2,8	3	5,2	4,4	4,5	4,5	5,7
6	2,5	2,6	2,5	4,2	4,3	4,4	4,4	5,4
7	4,7	4,6	4,5	4,2	3,8	4	4,1	5,6
8	3	2,9	2,8	3,3	4,5	4,5	4,6	5,7
9	4	4,1	4,1	4,3	4,7	4,8	4,8	6,1
10	3,5	3,5	3,7	4,2	4,7	4,8	5	6,6
11	2,3	3,1	2,7	4,5	3,5	4,4	4,4	5,7
12	3,3	3,2	3,4	3,7	5,1	3,6	3,6	5

Temps	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Octobre 2012	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	2	4	6	8	10	12	33
13	3	2,8	2,8	5	5,5	5,5	5,6	6,7
14	4	4,2	4,2	5,4	5,5	5,5	5,6	7
15	3,4	3,4	3,4	5,1	4,4	4,5	4,6	6,1
16	4,4	4	4,1	4,2	3,7	3,8	3,9	4,9
17	3,3	3,4	3,8	3,7	3,8	4	4,6	6
18	4,3	3,9	3,9	3,8	4,6	4,5	4,5	5,5
19	4,3	4,3	4,3	4,4	4,3	4,5	4,5	6
20	3,7	3,7	3,8	3,9	5,3	3,5	5,5	6,5
21	5	4,8	5	5	4,7	4,8	4,9	6,2
22	3,7	3,6	3,7	4,5	2,5	4,8	4,8	6,4
23	2,4	2,3	2,3	2,3	4,8	5	5	6,2
24	4,4	4,5	4,5	4,6	2,9	3,6	3,6	5,1
25	2,7	2,7	2,6	2,7	3,5	4,7	4,8	6
26	3,3	3,2	3,4	3,3	4,7	6,7	6,7	7,9
27	4,3	4,3	4,3	4,4	6,5	5,3	5,3	6,7
28	4,3	5,4	6	6,1	4,7	4,7	4,8	6,1
29	4,6	4,7	4,6	4,4	4,6	3,5	3,5	5
30	2,1	2,1	2,8	4,5	4	3,9	3,9	5
31	3,7	3,7	3,7	3,9	4	4,1	4,2	5,5
32	3,9	3,8	4	3,9	4,8	4,8	4,8	6,5
33	3	2,3	3,2	4,3	3,9	4	4	5,4
34	3,8	3,5	3,4	3,7	4,8	3,4	3,4	5
35	5,1	4,9	5	4,8	4,3	4	4	5,6
36	3,8	3,1	3,7	4,1	4,9	4,9	5	5,9
37	3,3	3	3,4	4,7	4,7	4,7	4,9	5,5
38	2,7	4,1	4,1	4,4	5			
39	4,3	4,1	4,1	4,8	5,7			
40	3,7	3,8	4,2	5,4	4,6			
41	2,6	4,6	4,6	4,4	4,1			
42	3,7	3	5,4	3,9	4,6			
43	4,1	4	4,2	4,4	5,4			
44	3,8	3,5	3,8	4,3	5,4			
45	3,9	3,7	4,3	5,3	5			
46	3,8	3,8	4,2	4,9	5			
47	5,1	4,5	5,1	4,8				
48	3,3	3	4,8					
49	3,8	3	4,8					
Somme	175,8	174,1	186,7	200,8	207,2	162,6	166,9	214,4
Moyenne	3,5	3,5	3,8	4,2	4,5	4,3	4,5	5,7
Ecart-type	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7
Max	5,1	5,4	6	6,1	6,5	6,7	6,7	7,9
Min	2,1	2,1	2,3	2,3	2,5	2,3	2,3	3,6

Annexe 12. Croissance en diamètre (cm) des macroboutres de *M. laurentii* de T4

Temps	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Octobre 2012	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	2	4	6	8	10	12	33
1	2	2,6	2,8	2,8	2,8	4,1	4,1	5,3
2	4,7	4,6	4,2	4,7	4,9	3,7	3,7	4,9
3	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	5,1
4	3,8	3,8	4,3	4,4	4,6	4	4,1	5,6
5	3,7	3,6	4,3	4,3	5	4,6	4,7	6
6	3,5	3,4	3,3	3,6	4,7	5	5,2	6,5
7	4,1	4	3,9	4,7	4,2	4,8	4,8	5,8
8	4	4,2	4,1	4,2	3,6	4,3	4,3	5,6
9	3,6	3,2	3,3	3,4	4,5	3,7	3,7	5,1
10	4,1	4	4,2	4,4	4,5	4,5	4,6	5,4
11	4	4,3	4,3	4,3	4,6	4,8	4,8	5,8
12	3	2,9	2,8	4,2	4,4	4,8	4,8	5,7
13	4	3,9	3,7	4,2	3,7	4,5	4,5	5,9
14	3	2,9	2,9	3,5	4,9	3,8	3,8	5,7
15	2,8	2,9	2,7	3,7	4,4	5	5	6
16	5,1	5,1	4,8	4,8	4	4,5	4,5	5,6
17	3,6	3,5	4,1	4,3	4,1	4,1	4,1	5,9
18	4	3,8	3,9	3,9	3,6	4,5	4,5	5,8
19	3,4	3,4	3,4	3,9	4,7	3,5	3,6	5,6
20	4	3,8	3,9	3,9	5	4,8	4,8	6
21	4,2	4,2	4,3	4,5	4,8	5,1	5,1	6,3
22	4,8	4,7	4,6	4,6	4,4	5	5	6,4
23	3	2,7	3,3	3,8	4	4,5	4,6	6
24	4,2	4,1	4,1	4,2	3,4	4,3	4,3	6,1
25	4,7	4,8	5,3	5,7	4	3,7	3,8	5
26	3,1	3,1	3,2	3,3	3,6	3,8	3,9	5,4
27	2,8	2,7	2,6	2,7	3,8	3,9	4	5,4
28	3,6	3,6	3,4	3,4	4,9	5	5	6
29	3,7	3,7	3,8	3,8	4	4	4,1	6
30	4	3,8	4	4,7	3,5	3,5	3,6	4,6
31	3,5	3,4	3,8	3,8	3,8	3,9	4	5
32	3,5	3,4	3,4	3,6	4,3	4,3	4,4	5,5
33	3,5	2,9	3,3	3,3	4,7	4,7	4,8	6
34	4,9	3,3	3,4	3,6	3,7	3,7	3,8	5,3
35	2,8	2,8	3,4	4,2	4,7	3,8	4	5,5

Temps	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Octobre 2012	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	0	2	4	6	8	10	12	33
36	3,2	3	2,9	4,2	4,4			
37	3	2,9	2,9	3,1	4			
38	3,8	4,4	4,8	4,4	4,5			
39	2,5	2,9	2,8	4,3	4,3			
40	4	4	4,2	3,8	4,1			
41	2,3	4,2	4,2	4,2	3,1			
42	3,8	3,8	4,3	4,1	4,3			
43	4,9	3,6	3,8	4	4,8			
44	3,6	3,4	3,6	3,2				
45	3,7	3,7	3,5	4				
46	4	3,8	3,9	4,7				
47	3,1	3,1	3,1					
48	3,8	3,8	3,9					
49	5	4,9	4,8					
Moyenne	3,7	3,6	3,7	4,0	4,2	4,2	4,3	5,6
Ecart-type	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
Max	5,1	5,1	5,3	5,7	5	5,1	5,2	6,5
Min	2	2,6	2,6	2,7	2,8	3,5	3,6	4,6

Annexe 13. Nombre des bourgeons vivants sur les macroboutures de *M. laurentii* de T1

Temps	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	2	4	6	8	10	12	33
1	3	2	2	2	2	2	2
2	2	8	9	11	1	1	2
3	4	12	13	14	7	7	3
4	2	3	9	16	10	10	4
5	2	19	19	14	13	13	4
6	1	12	2	23	8	8	2
7	4	2	25	2	19	19	4
8	4	4	2	19	2	2	2
9	3	3	8	2	7	7	3
10	1	9	3	5	2	2	2
11	2	1	8	4	4	4	4
12	4	9	1	8	1	1	2
13	1	4	4	1	6	6	2
14	3	21	8	2	7	7	4
15	1	1	2	24	3	3	3

Temps	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	2	4	6	8	10	12	33
16	1	6	17	10	17	17	4
17	1	5	8	10	6	6	6
18	12	11	4	9	5	5	5
19	2	3	12	5	12	12	4
20	4	12	1	13	1	1	3
21	1		20	3	10	10	5
22	4				1	4	4
23	2				2	2	2
24	3				1	4	4
25	1				3	3	3
26	3				4	2	2
27	3				1	1	2
28	2				4	3	3
29					2	4	4
30					3	5	5
31					4	6	3
Moyenne	2,7	7,3	8,4	9,3	5,4	5,7	3,2
Ecart-type	2,1	5,7	6,9	7,0	4,7	4,6	1,1
Maximum	12	21	25	24	19	19	6
Minimum	1	1	1	1	1	1	2

Annexe 14. Nombre des bourgeons vivants sur les macroboutures de *M. laurentii* de T2

Temps	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	2	4	6	8	10	12	33
1	3	2	6	6	6	6	4
2	2	12	6	13	11	11	5
3	1	8	13	12	9	9	4
4	10	15	11	12	1	1	3
5	2	7	16	13	1	1	3
6	3	11	8	16	2	2	2
7	2	3	19	19	11	11	5
8	4	18	15	17	6	6	5
9		4	16	18	8	8	4
10		7	4	4	4	4	4
11		8	8	15	12	12	5
12		2	10	19	2	2	2
13		6	11	12	1	1	3
14		5	7	8	8	8	4
15			22	14	10	10	5
16			18	10	12	12	6
17					6	6	6
18					10	10	4

Temps	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
19					5	5	5
20					11	11	6
21					8	8	8
22					12	12	6
23					13	13	5
24					2	3	3
25					3	2	2
26					3	1	2
27					1	2	2
28					2	2	2
29					4	5	5
30					2	6	6
31					6	6	6
32					7	8	5
Moyenne	3,3	7,7	11,8	13	6,2	6,3	4,2
Ecart-type	2,8	4,8	5,3	4,4	3,9	3,9	1,5
Maximum	10	18	22	19	13	13	8
Minimum	1	2	4	4	1	1	2

Annexe 15. Nombre des bourgeons vivants sur les macroboutures de *M. laurentii* de T3

Temps	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	2	4	6	8	10	12	33
1	1	1	24	15	9	9	6
2	1	17	22	8	11	11	8
3	1	11	28	14	8	8	7
4	2	20	39	3	13	13	8
5	3	3	11	11	3	3	3
6	12	11	14	18	4	4	4
7	2	23	34	16	13	13	7
8	3	22	26	13	11	11	6
9	11	17	27	5	10	10	4
10	1	6	25	8	5	5	5
11	6	6	15	13	5	5	5
12	10	15	6	17	6	6	6
13	2	26	22	16	16	16	8
14	9	18	26	9	11	11	7
15	17	8	18	17	9	9	9
16	13	18	11	17	11	11	5
17	8	16	19	15	11	11	6
18	6	16	16	12	14	14	8
19	11	12	19	3	11	11	5
20		4	19	15	1	1	1
21		20	16	21	7	7	7
22		27	7	15	15	15	8

Temps	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7
	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	2	4	6	8	10	12	33
23		16	10	21	16	16	8
24		19	15	20	15	15	7
25		24	28	19	18	20	9
26		21	18	20	11	11	8
27		17	4	21	17	19	9
28		30	12	12	11	11	7
29		21	19	22	20	22	9
30		25	21	24	6	8	8
31		34	23	8	5	7	7
32		1	10	8	6	10	8
33					4	4	4
34					1	1	3
35					4	6	6
36					3	2	2
37					6	8	8
Moyenne	6,2	16,4	18,8	14,2	9,3	9,8	6,3
Ecart-type	4,9	8,3	8,0	5,5	4,9	5,1	2,0
Maximum	17	34	39	24	20	22	9
Minimum	1	1	4	3	1	1	1

Annexe 16. Nombre des bourgeons vivants sur les macroboutures de *M. laurentii* de T4

Temps	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7
	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	2	4	6	8	10	12	33
1	8	14	10	14	14	14	10
2	6	6	13	5	8	8	8
3	1	1	1	17	19	19	15
4	2	5	1	9	11	11	8
5	1	22	2	5	6	6	5
6	4	1	2	9	6	6	5
7	8	7	2	8	8	8	8
8	9	5	9	9	6	6	6
9	12	10	1	3	6	6	6
10	2	7	8	5	5	5	5
11	5	7	1	9	7	7	7
12	4	15	8	8	1	1	2
13	4	4	9	15	6	6	6
14	11	9	1	5	5	5	5
15	9	6	9	12	7	7	7
16	8	6	12	9	9	9	9
17	7	2	5	3	11	11	6
18	12	10	27	22	2	2	2
19		8	18	19	19	19	10
20		8	6	9	6	6	6

Temps	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
	Décembre 2012	Février 2013	Avril 2103	Juin 2013	Août 2103	Octobre 2013	Juillet 2015
Age (mois)	2	4	6	8	10	12	33
21		3	3	8	7	7	7
22		1	1	7	12	12	10
23		1	5	4	3	3	3
24		4		6	6	7	7
25		2		12	5	7	7
26					4	4	4
27					3	3	3
28					4	4	4
29					6	8	8
30					3	2	2
31					8	2	2
32					4	2	2
33					2	1	3
34					3	4	4
Moyenne	6,2	6,5	6,6	9,2	6,8	6,7	5,9
Ecart-type	3,6	4,9	6,4	4,9	4,2	4,4	2,9
Maximum	12	22	27	22	19	19	15
Minimum	1	1	1	3	1	1	2

Annexe 17 : Liste des espèces inventoriées dans la savane témoin

Espèce	Famille	F.A	F.R	Nom vernaculaire (Teke ou Mbuun)	Forme biologique
<i>Abrus canescens</i>	Fabaceae/ Faboideae	1	0,9	Mundjanga	l
<i>Aframomum alboviolaceum</i>	Zingiberaceae	6	5,1	N'tunu (Nsés wom)	h
<i>Anisophyllea quangensis</i>	Rhizophoraceae	5	4,3	M'fu (Nféfung)	h
<i>Annona senegalensis</i>	Annonaceae	4	3,4	Ilo (Papaye ansié)	a
<i>Asparagus flagellaris</i>	Asparagaceae	3	2,6		h
<i>Bridelia ferruginea</i>	Phyllanthaceae	6	5,1	Enkok énsié	a
<i>Chlorophytum stolzii</i>	Liliaceae	3	2,6		h
<i>Cissus rubiginosa</i>	Vitaceae	1	0,9	Likulendjo	l
<i>Croton hirtus</i>	Euphorbiaceae	1	0,9		h
<i>Cyperus distans</i>	Cyperaceae	1	0,9		h
<i>Dialium englerianum</i>	Fabaceae/Caesalpinioideae	1	0,9	Mbuere (Obwore)	a
<i>Dichrostachys cinerea</i>	Fabaceae/Mimosoideae	3	2,6	Mungoma	a
<i>Dissotis glaberrima</i>	Melastomataceae	1	0,9		h
<i>Dissotis hensii</i>	Melastomataceae	5	4,3		h
<i>Ectadiopsis oblongifolia</i>	Apocynaceae/ Asclepioideae	3	2,6		l
<i>Eriosema glomeratum</i>	Fabaceae/ Faboideae	1	0,9	Itsini	s

Espèce	Famille	F.A	F.R	Nom vernaculaire (Teke ou Mbuun)	Forme biologique
<i>Gloriosa simplex</i>	Colchicaceae	1	0,9		h
<i>Hymenocardia acida</i>	Phyllanthaceae	3	2,6	Liguire (Eying)	a
<i>Hymenocardia ulmoides</i>	Phyllanthaceae	2	1,7	Nsiano (Osase)	a
<i>Indigofera congesta</i>	Fabaceae/Faboideae	2	1,7		h
<i>Lactuca longespicata</i>	Asteraceae	1	0,9		h
<i>Landolphia dewevrii</i>	Apocynaceae/ Apocynoideae	3	2,6		l
<i>Landolphia lanceolata</i>	Apocynaceae/ Apocynoideae	6	5,1	Mayara (Mare)	l
<i>Landolphia owariensis</i>	Apocynaceae/ Apocynoideae	3	2,6	Bikudji (Akwuil)	l
<i>Maprounea africana</i>	Euphorbiaceae	5	4,3	Isoyi (Mubio)	a
<i>Millettia drastica</i>	Fabaceae/Faboideae	4	3,4	Mumie (Okiey)	a
<i>Millettia versicolor</i>	Fabaceae/Faboideae	1	0,9	Muboro	a
<i>Ochna afzelii</i>	Ochnaceae	4	3,4	Ischa (Ikuiro)	a
<i>Pachycarpus lineolatus</i>	Apocynaceae/ sclepoideae	1	0,9		h
<i>Paropsia brazzeana</i>	Passifloraceae	5	4,3	Iklodini	a
<i>Pennisetum purpureum</i>	Poaceae	1	0,9		h
<i>Psorospermum febrifugum</i>	Hypericaceae	4	3,4	Isuso	a
<i>Pteridium aquilinum</i>	Hypolepidaceae	5	4,3	Munge (Okiey)	h
<i>Smilax anceps</i>	Smilacaceae	6	5,1	Ikuaza (Ekwarnzal)	h
<i>Sphenostylis stenocarpa</i>	Fabaceae/Faboideae	1	0,9		h
<i>Striga asiatica</i>	Scrophulariaceae	2	1,7		h
<i>Strychnos pungens</i>	Loganiaceae	1	0,9	Bumba (Otetupi)	a
<i>Tephrosia nana</i>	Fabaceae/Faboideae	2	1,7	Mbo (Onsogne ansié)	h
<i>Tetracera poggei</i>	Dilleniaceae	3	2,6	Likulentsio	l
<i>Urena lobata</i>	Malvaceae/Malvoideae	1	0,9	Lapepoths	h
<i>Vernonia potamophila</i>	Asteraceae	2	1,7		s
<i>Vernonia smithiana</i>	Asteraceae	1	0,9		h
<i>Vigna laurentii</i>	Fabaceae/Faboideae	2	1,7		h
Total		117	100		

Annexe 18 : Liste des espèces inventoriées dans la savane mise en défens

Espèce	Famille	F.A	F.R	Nom vernaculaire (Teke ou Mbuun)	Forme biologique
<i>Aframomum alboviolaceum</i>	Zingiberaceae	6	5,5	N'tunu (Nséswom)	h
<i>Albizia adianthifolia</i>	Fabaceae/Mimosoideae	5	4,5	Mulu (Mbolbam)	a
<i>Alchornea cordifolia</i>	Euphorbiaceae	2	1,8	Mbuimbwi (Labébwuths)	a
<i>Anisophyllea quangensis</i>	Rhizophoraceae	5	4,5	M'fu (Nféfung)	h
<i>Annona senegalensis</i>	Annonaceae	5	4,5	Ilo (Papaye ansié)	a
<i>Asparagus flagellaris</i>	Asparagaceae	4	3,6		h
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Poaceae	2	1,8		h
<i>Bridelia ferruginea</i>	Phyllanthaceae	2	1,8	Enkok énsié	a
<i>Samanea leptophylla</i>	Fabaceae/Mimosoideae	3	2,7	Enkok énsié	a
<i>Chaetocarpus africanus</i>	Euphorbiaceae	2	1,8	Okung	a
<i>Chromolaena odorata</i>	Asteraceae	3	2,7		h
<i>Cissus rubiginosa</i>	Vitaceae	2	1,8	Likulendjo	l
<i>Crossopteryx febrifuga</i>	Rubiaceae	1	0,9	Muwa	a
<i>Dalbergia saxatilis</i>	Fabaceae/Faboideae	2	1,8		l
<i>Desmodium velutinum</i>	Fabaceae/Faboideae	2	1,8	Sombe	h
<i>Dichrostachys cinerea</i>	Fabaceae/Mimosoideae	3	2,7	Mungoma (Mansienge)	a
<i>Dissotis hensii</i>	Melastomataceae	4	3,6		h
<i>Ectadiopsis oblongifolia</i>	Apocynaceae/ Asclepioideae	2	1,8		l
<i>Garcinia huillensis</i>	Clusiaceae	1	0,9	Munge	a
<i>Helichrysum mechowianum</i>	Asteraceae	1	0,9		h
<i>Hymenocardia acida</i>	Phyllanthaceae	3	2,7	Liguire (Eying)	a
<i>Hymenocardia ulmoides</i>	Phyllanthaceae	3	2,7	Nsiano (Osase)	a
<i>Landolphia lanceolata</i>	Apocynaceae/ Apocynoideae	5	4,5	Mayara (Mare)	l
<i>Landolphia owariensis</i>	Apocynaceae/ Apocynoideae	2	1,8	Bikudji (Akwuil)	l
<i>Maprounea africana</i>	Euphorbiaceae	4	3,6	Isoyi (Mubio)	a
<i>Melinis amethystea</i>	Poaceae	1	0,9	N'sele (Akaa)	h
<i>Millettia drastica</i>	Fabaceae/Faboideae	5	4,5	Mumie (Okiey)	a
<i>Millettia theuszii</i>	Fabaceae/Faboideae	1	0,9	Osim ombore	l
<i>Millettia laurentii</i>	Fabaceae/Faboideae	1	0,9	Itoo (Obore)	a
<i>Ochna afzelii</i>	Ochnaceae	2	1,8	Ischa	a
<i>Pandiaka angustifolia</i>	Amaranthaceae	1	0,9		h
<i>Paropsia brazzeana</i>	Passifloraceae	3	2,7	Iklodini	a
<i>Pleiotaxis eximia</i>	Asteraceae	1	0,9		h
<i>Psorospermum febrifugum</i>	Hypericaceae	4	3,6	Isuso	a

Espèce	Famille	F.A	F.R	Nom vernaculaire (Teke ou Mbuun)	Forme biologique
<i>Pteridium aquilinum</i>	Hypolepidaceae	6	5,5	Munge (Okiey)	h
<i>Smilax anceps</i>	Smilacaceae	6	5,5	Ikuaza (Ekwarnzal)	h
<i>Tetracera poggei</i>	Dilleniaceae	2	1,8	Likulentsio	l
<i>Vernonia potamophila</i>	Asteraceae	2	1,8		s
<i>Vetex madiensis</i>	Verbenaceae	1	0,9	Edzu	a
Total		110	100		

Annexe 19 : Liste des espèces inventoriées sous l'effet de litière des noyaux forestiers

Espèces	Famille	F.A	F.R	Nom vernaculaire (Teke ou Mbuun)	Forme biologique
<i>Abrus canescens</i>	Fabaceae/ Faboideae	3	0,6	Mundjanga	l
<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae/Mimosoideae	31	6,0		a
<i>Acalypha ciliata</i>	Euphorbiaceae	1	0,2		h
<i>Aframomum alboviolaceum</i>	Zingiberaceae	27	5,2	N'tunu (Nséswom)	h
<i>Albizia adianthifolia</i>	Fabaceae/Mimosoideae	13	2,5	Mulu (Mbolbam)	a
<i>Alchornea cordifolia</i>	Euphorbiaceae	20	3,8	Mbuimbwi (Labébwuths)	a
<i>Allophylus africanus</i>	Sapindaceae	1	0,2	N'turu	a
<i>Anisophyllea quangensis</i>	Rhizophoraceae	22	4,2	M'fu (Nféfung)	h
<i>Annona senegalensis</i>	Annonaceae	9	1,7	Ilo (Papaye ansié)	a
<i>Asparagus flagellaris</i>	Asparagaceae	5	1,0		h
<i>Aspilia kotschy</i>	Asteraceae	1	0,2		h
<i>Asystasia gangetica</i>	Acanthaceae	1	0,2		h
<i>Bidens oligoflora</i>	Asteraceae	1	0,2		h
<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae	1	0,2		h
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Poaceae	3	0,6		h
<i>Bridelia ferruginea</i>	Phyllanthaceae	18	3,5	Enkok énsié	a
<i>Cathormion leptophyllum</i>	Fabaceae/Mimosoideae	1	0,2	Enkok énsié	a
<i>Chaetocarpus africanus</i>	Euphorbiaceae	1	0,2	Okung	a
<i>Chamecrista mimosoides</i>	Fabaceae/Caesalpinioideae	3	0,6		h
<i>Chromolaena odorata</i>	Asteraceae	22	4,2		h
<i>Cissus rubiginosa</i>	Vitaceae	6	1,2	Likulendjo	l
<i>Cleome rutidosperma</i>	Brassicaceae/Capparoideae	1	0,2		h
<i>Combretum psidioides</i>	Combretaceae	1	0,2		a
<i>Commelina diffusa</i>	Commelinaceae	4	0,8		h
<i>Conyza sumatrensis</i>	Asteraceae	1	0,2		h

Espèces	Famille	F.A	F.R	Nom vernaculaire (Teke ou Mbuun)	Forme biologique
<i>Crossopteryx febrifuga</i>	Rubiaceae	3	0,6	Muwa	a
<i>Crotalaria retusa</i>	Fabaceae/Faboideae	1	0,2		h
<i>Croton hirtus</i>	Euphorbiaceae	3	0,6		h
<i>Dalbergia saxatilis</i>	Fabaceae/Faboideae	2	0,4		l
<i>Desmodium velutinum</i>	Fabaceae/Faboideae	4	0,8		h
<i>Dialium englerianum</i>	Fabaceae/Caesalpinioideae	4	0,8	Mbuere (Obwore)	a
<i>Dichrostachys cinerea</i>	Fabaceae/Mimosoideae	4	0,8	Mungoma	a
<i>Digitaria polybotrya</i>	Poaceae	1	0,2		h
<i>Diodia sarmentosa</i>	Rubiaceae	7	1,3	Barbantine	h
<i>Dissotis hensii</i>	Melastomataceae	1	0,2		h
<i>Ectadiopsis oblongifolia</i>	Apocynaceae/ Asclepioideae	6	1,2		l
<i>Fimbristylis hispidula</i>	Cyperaceae	7	1,3		h
<i>Gaertnera paniculata</i>	Rubiaceae	10	1,9	Munkamu	a
<i>Glinus oppositifolius</i>	Aizoaceae	1	0,2		h
<i>Guizotia abyssinica</i>	Asteraceae	5	1,0		h
<i>Hymenocardia acida</i>	Phyllanthaceae	15	2,9	Liguire (Eying)	a
<i>Hymenocardia ulmoides</i>	Phyllanthaceae	4	0,8	Nsiano (Osase)	a
<i>Indigofera congesta</i>	Fabaceae/ Faboideae	1	0,2		h
<i>Indigofera paracapitata</i>	Fabaceae/ Faboideae	6	1,2		h
<i>Ipomoea involucrata</i>	Convolvulaceae	1	0,2		h
<i>Landolphia dewevrei</i>	Apocynaceae/ Apocynoideae	6	1,2		l
<i>Landolphia lanceolata</i>	Apocynaceae/ Apocynoideae	26	5,0	Mayara (Mare)	l
<i>Landolphia owariensis</i>	Apocynaceae/ Apocynoideae	6	1,2	Bikudji (Akwuil)	l
<i>Leptactina leopoldi-secundi</i>	Rubiaceae	2	0,4	Intukimusuru	a
<i>Lippia multiflora</i>	Verbenaceae	2	0,4	Bulukutu	a
<i>Maprounea africana</i>	Euphorbiaceae	16	3,1	Isoyi (Mubio)	a
<i>Melinis amethystea</i>	Poaceae	10	1,9	N'sele (Akaa)	h
<i>Millettia drastica</i>	Fabaceae/Faboideae	16	3,1	Mumie (Okiey)	a
<i>Millettia theuszii</i>	Fabaceae/Faboideae	2	0,4	Osim ombore	l
<i>Millettia laurentii</i>	Fabaceae/Faboideae	32	6,2	Itoo (Obore)	a
<i>Ochna afzelii</i>	Ochnaceae	2	0,4	Ischa	a
<i>Oldenlandia affinis</i>	Rubiaceae	1	0,2		h
<i>Oncoba welwitschii</i>	Flacourtiaceae	2	0,4	Obame	a
<i>Pandiaka angustifolia</i>	Amaranthaceae	3	0,6		h
<i>Parinari capensis</i>	Chrysobalanaceae	6	1,2	Ikia (Tape)	h
<i>Paropsia brazzeana</i>	Passifloraceae	6	1,2	Iklodini	a
<i>Pennisetum polystachion</i>	Poaceae	1	0,2		h

Régénération forestière assistée avec *Millettia laurentii* dans les savanes mises en défens à Ibi-village, Thèse Nsielolo Kitoko R

Espèces	Famille	F.A	F.R	Nom vernaculaire (Teke ou Mbuun)	Forme biologique
<i>Phyllanthus niruroides</i>	Phyllanthaceae	4	0,8		h
<i>Plectranthastrum rosmarinifolium</i>	Lamiaceae	1	0,2		a
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	2	0,4	Goyave	a
<i>Psorospermum febrifugum</i>	Hypericaceae	11	2,1	Isuso	a
<i>Pteridium aquilinum</i>	Hypolepidaceae	27	5,2	Munge (Okiey)	h
<i>Schwenkia americana</i>	Solanaceae	3	0,6	Linzinsi	h
<i>Senna occidentalis</i>	Fabaceae/Caesalpinioideae	1	0,2		h
<i>Sesamum radiatum</i>	Pedaliaceae	3	0,6	Kubilembungu	h
<i>Smilax anceps</i>	Smilacaceae	22	4,2	Ikuaza (Ekwarnzal)	h
<i>Sporobolus centrifugus</i>	Poaceae	1	0,2		h
<i>Strychnos cucculoides</i>	Loganiaceae	1	0,2	Bikilikyo (Akwok)	a
<i>Strychnos pungens</i>	Loganiaceae	2	0,4	Bumba (Otetupi)	a
<i>Syzygium guineense</i>	Myrtaceae	1	0,2	Isibi	a
<i>Tephrosia lupinifolia</i>	Fabaceae/Faboideae	3	0,6	Onsogne ansié	h
<i>Tephrosia nana</i>	Fabaceae/Faboideae	1	0,2	Mbo (Onsogne ansié)	h
<i>Tetracera poggei</i>	Dilleniaceae	3	0,6	Likulentsio	l
<i>Vernonia cinerea</i>	Asteraceae	2	0,4		h
<i>Vernonia perrottetii</i>	Asteraceae	2	0,4		h
<i>Vernonia potamophila</i>	Asteraceae	1	0,2		s
<i>Vernonia smithiana</i>	Asteraceae	1	0,2		h
<i>Vitex madiensis</i>	Verbenaceae	2	0,4	Edzu	a
<i>Zornia latifolia</i>	Fabaceae/Faboideae	4	0,8		h
Total		520	100		

Annexe 20 : Liste des espèces inventoriées dans la lisière des noyaux forestiers

Espèces	Famille	F.A	F. R	Nom vernaculaire (Teke ou Mbuun)	Forme biologique
<i>Abrus canescens</i>	Fabaceae/Faboideae	4	0,9	Mundjanga	l
<i>Aframomum alboviolaceum</i>	Zingiberaceae	29	6,5	N'tunu (Nséswom)	h
<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	1	0,2		h
<i>Albizia adianthifolia</i>	Fabaceae/Mimosoideae	18	4,0	Mulu (Mbolbam)	a
<i>Alchornea cordifolia</i>	Euphorbiaceae	7	1,6	Mbuimbwi	a
<i>Allophylus africanus</i>	Sapindaceae	1	0,2	N'turu	a
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	Fabaceae/ Faboideae	1	0,2		h
<i>Anisophyllea quangensis</i>	Rhizophoraceae	13	2,9	M'fu (Nféfung)	h
<i>Annona senegalensis</i>	Annonaceae	12	2,7	Ilo (Papaye ansié)	a
<i>Anthephora cristata</i>	Poaceae	1	0,2		h
<i>Argocoffeopsis eketensis</i>	Rubiaceae	1	0,2		l
<i>Asparagus flagellaris</i>	Asparagaceae	13	2,9		h
<i>Asystasia gangetica</i>	Acanthaceae	1	0,2		h
<i>Biophytum helenae</i>	Oxalidaceae	1	0,2		a
<i>Blumea crispata</i>	Asteraceae	1	0,2		h
<i>Boerhavia diffusa</i>	Nyctaginaceae	1	0,2		h
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Poaceae	2	0,4		h
<i>Bridelia ferruginea</i>	Phyllanthaceae	9	2,0	Enkok énsié	a
<i>Semanea leptophylla</i>	Phyllanthaceae	1	0,2	Enkok énsié	a
<i>Chaetocarpus africanus</i>	Euphorbiaceae	2	0,4	Okung	a
<i>Chamaecrista mimosoides</i>	Fabaceae/Mimosoideae	1	0,2		h
<i>Chromolaena odorata</i>	Asteraceae	12	2,7		h
<i>Cissus rubiginosa</i>	Vitaceae	5	1,1	Likulendjo	l
<i>Cogniauxia podolaena</i>	Cucurbitaceae	1	0,2		l
<i>Combretum psidioides</i>	Combretaceae	5	1,1		a
<i>Commelina diffusa</i>	Commelinaceae	4	0,9		h
<i>Crossopterix febrifuga</i>	Rubiaceae	7	1,6	Muwa	a
<i>Croton hirtus</i>	Euphorbiaceae	1	0,2		h
<i>Cyathula prostrata</i>	Amaranthaceae	1	0,2		h
<i>Dalbergia saxatilis</i>	Fabaceae/Faboideae	2	0,4		l
<i>Desmodium velutinum</i>	Fabaceae/Faboideae	5	1,1		h
<i>Dialium englerianum</i>	Fabaceae/Caesalpinioideae	5	1,1	Mbuere (Obwore)	a
<i>Dichrostachys cinerea</i>	Fabaceae/Mimosoideae	6	1,3	Mungoma	a
<i>Dissotis glaberrima</i>	Melastomataceae	1	0,2		h
<i>Dissotis hensii</i>	Melastomataceae	6	1,3		h
<i>Dracaena mannii</i>	Dracaenaceae	2	0,4	Egnwegne	a

Espèces	Famille	F.A	F. R	Nom vernaculaire (Teke ou Mbuun)	Forme biologique
<i>Ectadiopsis oblongifolia</i>	Apocynaceae/ Asclepioideae	3	0,7		l
<i>Emilia coccinea</i>	Asteraceae	2	0,4		h
<i>Emilia graminea</i>	Asteraceae	2	0,4		h
<i>Fadogia cienkowskii</i>	Rubiaceae	2	0,4		s
<i>Gaertnera paniculata</i>	Rubiaceae	11	2,5	Munkamu (Etankame)	a
<i>Guisotia abyssinica</i>	Asteraceae	8	1,8		h
<i>Hibiscus mehovii</i>	Malvaceae/Malvavoideae	1	0,2		s
<i>Hymenocardia acida</i>	Phyllanthaceae	17	3,8	Liguire (Eying)	a
<i>Hymenocardia ulmoides</i>	Phyllanthaceae		0,0	Nsiano (Osase)	a
<i>Indigofera hirsuta</i>	Fabaceae/ Faboideae	1	0,2		h
<i>Indigofera paracapitata</i>	Fabaceae/ Faboideae	2	0,4		h
<i>Landolphia camptoloba</i>	Apocynaceae/ Apocynoideae	1	0,2		l
<i>Landolphia lanceolata</i>	Apocynaceae/ Apocynoideae	26	5,8	Mayara (Mare)	l
<i>Lannea antiscorbutica</i>	Anacardiaceae	1	0,2		a
<i>Lippia multiflora</i>	Verbenaceae	2	0,4	Bulukutu	a
<i>Macaranga monandra</i>	Euphorbiaceae	1	0,2		a
<i>Macaranga spinosa</i>	Euphorbiaceae	1	0,2		a
<i>Maprounea africana</i>	Euphorbiaceae	16	3,6	Isoyi (Mubio)	a
<i>Markhamia tomentosa</i>	Bignoniaceae	1	0,2		a
<i>Mariscus alternifolius</i>	Cyperaceae	1	0,2		h
<i>Melinis amethystea</i>	Poaceae	11	2,5	N'sele (Akaa)	h
<i>Millettia drastica</i>	Fabaceae/Faboideae	21	4,7	Mumie (Okiey)	a
<i>Millettia laurentii</i>	Fabaceae/Faboideae	3	0,7	Itoo (Obore)	a
<i>Millettia versicolor</i>	Fabaceae/Faboideae	1	0,2	Muboro	a
<i>Ochna afzelii</i>	Ochnaceae	7	1,6	Ischa	a
<i>Oldenlandia affinis</i>	Rubiaceae	3	0,7		h
<i>Parinari capensis</i>	Chrysobalanaceae	2	0,4	Ikia (Tape)	h
<i>Paropsia brazzeana</i>	Passifloraceae	3	0,7	Iklodini	a
<i>Pentaclethra eetveldeana</i>	Fabaceae/Mimosoideae	4	0,9	Isile (Usign)	a
<i>Phyllanthus niruroides</i>	Phyllanthaceae	1	0,2		h
<i>Plectranthastrum rosmarinifolium</i>	Lamiaceae	1	0,2		a
<i>Pleiotaxis eximia</i>	Asteraceae	1	0,2		h
<i>Polycarpaea corymbosa</i>	Caryophyllaceae	1	0,2		h
<i>Psophocarpus scandens</i>	Fabaceae/Faboideae	1	0,2		l
<i>Psorospermum febrifugum</i>	Hypericaceae	14	3,1	Isuso	a
<i>Pteridium aquilinum</i>	Hypolepidaceae	28	6,3	Munge (Okiey)	h
<i>Sabicea affinis</i>	Rubiaceae	1	0,2		l

Espèces	Famille	F.A	F. R	Nom vernaculaire (Teke ou Mbuun)	Forme biologique
<i>Schwenckia americana</i>	Solanaceae	1	0,2	Linzinzi	h
<i>Smilax anceps</i>	Smilacaceae	24	5,4	Ikuaza (Ekwarnzal)	h
<i>Sporobolus centrifugus</i>	Poaceae	1	0,2		h
<i>Strychnos pungens</i>	Loganiaceae	2	0,4	Bumba (Otetupi)	a
<i>Strychnos cocculoides</i>	Loganiaceae	5	1,1	Bikilikyo (Akwok)	a
<i>Syzygium guineense</i>	Myrtaceae	2	0,4	Isibi	a
<i>Tephrosia linearis</i>	Fabaceae/Faboideae	1	0,2	Onsogne ansié	h
<i>Tephrosia nana</i>	Fabaceae/Faboideae	1	0,2	Onsogne ansié	h
<i>Tetracera poggei</i>	Dilleniaceae	1	0,2	Likulentsio	l
<i>Triclisia dictyophylla</i>	Menispermaceae	1	0,2		l
<i>Triumfetta setulosa</i>	Malvaceae/Tilioideae	2	0,4		s
<i>Uraria picta</i>	Fabaceae/Faboideae	1	0,2	Muko	s
<i>Vernonia potamophila</i>	Asteraceae	14	3,1		s
<i>Vigna micrantha</i>	Fabaceae/Faboideae	1	0,2		h
<i>Vitex ferruginea</i>	Verbenaceae	3	0,7	Edzu	a
Total		445	100		

Annexe 21 : Quelques images sur l'évolution de la savane



Photo 13: Savane Témoin



Photo 14: Début de la mise en défens



Photo15: Mise en place des NF



Photo 16: Évolution de la savane mise en défens



Photo 17 : Abri météorologique