

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie
UNIVERSITE DE DSCHANG
THE UNIVERSITY OF DSCHANG



FACULTE D'AGRONOMIE ET DES SCIENCES
AGRICOLES
FACULTY OF AGRONOMY AND AGRICULTURAL
SCIENCES

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR



INSTITUT SUPERIEUR D'AGRONOMIE (ISA) DE
BERTOUA
HIGHER INSTITUTE OF AGRONOMY OF BERTOUA
BP. 439 BERTOUA – Cameroun

INSTITUT SUPERIEUR D'AGRONOMIE (ISA) BERTOUA

Etude du potentiel de valorisation du *Pentaclethra macrophylla* Benth (*Mubala*) dans l'UFA 10 044(aac-4-3)

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master II Professionnel / Ingénieur
des Eaux, Forêts et Chasses

Option : Aménagement et Certification Forestière

Par :

ONDOUA ONDOUA Patrice

Matricule: CM-UDS-19ASA-ISA0042

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie
UNIVERSITE DE DSCHANG
THE UNIVERSITY OF DSCHANG



FACULTE D'AGRONOMIE ET DES SCIENCES
AGRICOLAS
FACULTY OF AGRONOMY AND AGRICULTURAL
SCIENCES

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR



INSTITUT SUPERIEUR D'AGRONOMIE (ISA) DE
BERTOUA
HIGHER INSTITUTE OF AGRONOMY OF BERTOUA
BP. 439 BERTOUA – Cameroun

INSTITUT SUPERIEUR D'AGRONOMIE (ISA) BERTOUA

Etude du potentiel de valorisation du *Pentaclethra macrophylla* Benth (*Mubala*) dans l'UFA 10 044(aac-4-3)

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master II Professionnel / Ingénieur
des Eaux, Forêts et Chasses

Option : Aménagement et Certification Forestière

Par :

ONDOUA ONDOUA Patrice

Matricule: CM-UDS-19ASA-ISA0042
Ingénieur des Travaux des Eaux, Forêts et Chasses

Encadreur :

Ir. Doucet Robin

Université de Liège

Superviseur :

Pr. TEMGOUA Lucie Félicité

Université de Dschang

FICHE DE CERTIFICATION D'ORIGINALITE DU TRAVAIL

Je soussigné, ONDOUA ONDOUA Patrice, atteste que le présent mémoire est le produit de mes propres travaux effectués dans la société d'exploitation forestière Pallisco-CFIM située à Mindourou, dans la région de l'Est Cameroun. Ce travail a été effectué sous l'encadrement technique de M. DOUCET Robin de l'Université de Liège et sous la supervision de Pr TEMGOUA Lucie Félicité, Maître de conférences à l'Université de Dschang. Ce mémoire est authentique et n'a fait l'objet d'aucune autre soutenance en vue de l'obtention d'un quelconque grade universitaire.

Visa de l'auteur

Date :.....

Visa du Superviseur

Date :.....

Visa du Directeur des Affaires Académiques

Date.....

FICHE DE CERTIFICATION DES CORRECTIONS APRES SOUTENANCE

Le présent mémoire a été revu et corrigé conformément aux observations du jury.

Visa du Superviseur

Pr. TEMGOUA Lucie Félicité

Date: ___/___/___

Visa du Président du jury

Visa de l'Examineur

Date : ___/___/___

Date : ___/___/___

Visa du Chef de Département

Date : ___/___/___

Visa du Directeur des Affaires Académiques

Date : ___/___/___

DEDICACE

A

Mes grands parents

ONDOUA Beyeme Blaise et AKAMBA Suzan

REMERCIEMENTS

Ce travail a été rendu possible grâce à l'implication de nombreuses personnes auxquelles je souhaite adresser mes remerciements.

D'abord j'aimerais remercier le Professeur TEMGOUA Lucie Félicité, enseignante à l'Université de Dschang et à l'ISA pour la qualité de ses enseignements et pour avoir accepté de superviser ce travail. Je ne saurais trouver des termes éloquents pour exprimer ma profonde gratitude.

Je tiens à remercier le Professeur Jean Louis DOUCET avec qui je collabore depuis de nombreuses années, et qui m'a permis de réaliser mon stage à Pallisco- CIFM. Il a su me trouver des partenaires, et des contacts dans le cadre de la réalisation de ce travail.

Je remercie aussi Monsieur DOUCET Robin Doctorant à l'Université de Gembloux, qui a accepté m'encadrer malgré son agenda souvent surchargé. Il a toujours trouvé du temps pour me lire et formuler des observations constructives : même dans les circonstances difficiles, il a toujours trouvé du temps pour les échanges.

Je remercie mon épouse LEUMENI Alliance Mado, qui a su me supporter pendant ces années de disette. Qu'elle trouve ici le fruit de ses sacrifices.

Je remercie mes oncles et particulièrement le Dr. Jean Paul BEYEME ONDOUA pour ses coups de gueules qui m'ont révolté, et qui m'ont donné le tonus de repartir à l'école.

Je remercie Madame EBA Arlette Michelle, ma dulcinée qui a su me stabiliser et me soutenir durant toutes ces années de dur labeur.

Je remercie mes enfants PANGOP ONDOUA Russel et AKAMBA ONDOUA Mathis que j'ai quelque peu abandonné durant ces années.

Je remercie ma charmante petite sœur Madame ESSAMA OLINGA Gérard née Angèle ATSAMA à qui je dois tout pour sa forte complicité.

A tous ceux dont j'ai omis de citer les noms ici, je dis merci.

TABLE DES MATIERES

FICHE DE CERTIFICATION D'ORIGINALITE DU TRAVAIL.....	i
FICHE DE CERTIFICATION DES CORRECTIONS APRES SOUTENANCE	ii
DEDICACE.....	iii
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	ix
RESUME.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCTION.....	1
1. Contexte et Justificatif.....	1
2. Problématique.....	3
3. Questions de recherches	4
3.1. Question principale	4
3.2. Questions spécifiques.....	4
4. Objectifs de l'étude	4
4.1. Objectif général.....	4
4.2. Objectifs spécifiques.....	4
5. Importance de l'étude	5
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE	6
I.1. Définition des concepts	6
I.2. Revue de la littérature	10
I.2.1 Description du <i>Pentaclethra macropylla</i> Benth	10
I.2.2. Influence du sol sur la végétation arborescente.....	12
I.2.4. Les défauts des identifiés sur les arbres de l'UFA 10044 de Pallisco	19
CHAPITRE II MATERIELS ET METHODES.....	20

II.1. Description de la zone d'étude.....	20
II.1.1. Présentation de la zone d'étude.....	20
II.1.2. Caractéristiques du milieu biophysique	21
II.2. Collecte des données.....	24
II.2.1. Evaluation de la ressource forestière des poches 1 et 2 de l'Assiette Annuelle de Coupe 4-3 de l'UFA 10 044.....	24
II.2.2. Mesure des dégâts d'insectes sur les arbres abattus et transportés au Parc.....	28
II.2.4. Identification des principaux défauts	30
II.2.5. Évaluation de la possibilité d'exploitation du Mubala.....	30
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	34
IV.1. Principaux défauts observés et identification des piqures d'insectes sur le Mubala..	34
IV.1.1. Evaluation de la ressource forestière des poches 1 et 2 de l'Assiette Annuelle de Coupe 4-3 de l'UFA 10 044.....	34
4.1.2. Mesure des dégâts d'insectes sur les arbres abattus et transportés au Parc.	37
IV.2. Les possibilités d'exploitation pour cette essence.....	38
IV.2.1. Évaluation du coefficient d'exploitation du Mubala	38
IV.3. Différents Facteurs environnementaux pouvant influencer la qualité des arbres de Mubala.....	40
CHAPITRE IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	48
IV.1. Conclusion.....	48
IV.2. Recommandations	48
BIBLIOGRAPHIE :	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Données climatiques moyennes relevées sur les cinq dernières années à Mindourou.....	21
Tableau 2. Cotation des arbres sur pieds utilisés par Pallisco.....	27
Tableau 3. Effectif de la ressource oubliée en forêt.....	34
Tableau 4. Présentation des défauts observés sur les arbres étudiés.....	35
Le Tableau 5 reprend la densité des arbres étudiés par classe de diamètre.....	38
Tableau 5. Effectif des arbres visités par classe de diamètre toute qualité confondue.	38
Tableau 6. Odds ratio modèle réduit.....	40
Tableau 7. Odds ratio modèle réduit pour contrefort.....	41
Le tableau 8 présente le résultat de cette analyse	41
Tableau 8. Odds ratio du modèle réduit pour branche cassées	41
Tableau 9. Odds ration du modèle réduit pour le défaut trou	42
Tableau 10. Odds ration du modèle réduit pour absence de défaut déclassant.....	43
Tableau 11. Probabilités de chance d’avoir les arbres sans défauts.....	45
Tableau 12. Probabilités d’avoir les arbres troués.	46

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Aperçu du fût de Mubala	11
Figure 2. Description du Mubala.....	11
Figure 3. Gousse du Mubala.....	12
Figure 4. Graine du Mubala	12
Figure 5. Localisation de la zone d'étude.....	20
Figure 6. Diagramme ombrothermique de Mindourou sur les 05 dernières années	22
Figure 7. Localisation de l'échantillon de Mubala considéré pour cette étude.	26
Figure 8. Mulotage (Trou de verre) sur une bille de Mubala	29
Figure 9. Sondage de la profondeur de l'horizon A	32
Figure 10. Effectif des arbres visités par classe de diamètre.....	35
Figure 11. Proportion des défauts des arbres de qualité C	36
Figure 12. Répartition des zones de Mulotage	37
Figure 13. Probabilité sans défaut en fonction de la profondeur de l'horizon A du sol et de l'altitude	44
Figure 14. Probabilité d'être troué.....	45

LISTE DES ABREVIATIONS

ATIBT :	Association Technique International des Bois Tropicaux
AAC :	Assiette Annuel de Coupe
CIFOR:	<i>Center for International Forestry Research</i>
CEC :	Capacité d'Echange Cationique
DVL :	Drainage Vertical Libre
DLS :	Drainage Latéral Superficiel
DHP :	Diamètre à Hauteur de Poitrine
DMA :	Diamètre minimum Aménagement
DME :	Diamètre Minimum d'Exploitation
EFIR :	Exploitation Forestière à Impact Réduit
FSC:	<i>Forest Stewardship Council</i>
GPS:	<i>Global Positioning System</i>
MINFOF :	Ministère des Forêts et de la Faune
ONG :	Organisation Non Gouvernementale
PIB :	Produit Intérieur Brut
PNUD :	Programme des Nations Unies pour le Développement
UFA :	Unité Forestière d'Aménagement
UICN :	Union Internationale pour la Conservation de la Nature

RESUME

Comme la plupart des forêts tropicales, les forêts du bassin du Congo sont confrontées à des pressions anthropiques entraînant la conversion des terres liées aux divers usages dont entre autre l'exploitation du bois. Cependant, il s'agit d'une exploitation sélective qui menace la pérennité de certaines espèces, voire leur disparition. C'est dans cette dynamique que s'est inscrite la présente étude qui a mis un accent sur *Pentaclethra macrophylla* Benth communément appelé le Mubala, dans l'UFA 10044 de la concession Pallisco dans la région de l'Est Cameroun. L'étude avait pour but de répondre à la question générale : quelle est le potentiel de production du *Pentaclethra macrophylla* Benth en vue de sa valorisation ? Il s'agissait spécifiquement d'identifier les principaux défauts observés sur cette essence (1), de déterminer son coefficient d'exploitation (2), et identifier les facteurs environnementaux pouvant influencer la qualité de cette essence (3). L'approche méthodologique utilisée a été l'échantillonnage aléatoire stratifié. Les données ont été collectées sur 160 pieds sur les quels ont été relevés les paramètres environnementaux et dendrométriques de chaque tige. Le coefficient d'exploitation a été de 78,75% et les facteurs environnementaux ayant une influence significative sur la qualité des grumes ont également été déterminés. Les statistiques descriptives des données issues de terrain ont permis de réaliser que 43,75% d'arbres étudiés appartiennent à la classe C en fonction des normes de cotations des arbres utilisés à Pallisco. Il a également été observé que 55% des attaques de mulots ont lieux vers la périphérie de la section. La possibilité d'exploitation de cette essence tourne autour de 78,75% dans cet UFA, assurant la rentabilité économique de l'entreprise en ce qui concerne cette essence. Toutefois cette exploitation devra tenir compte des facteurs environnementaux ayant une influence significative sur l'exploitabilité des grumes. Ces indicateurs seront importants lors de la négociation des contrats. Tout ceci dans le souci d'améliorer la planification de l'exploitation et accroître la chance d'avoir prioritairement les grumes de bonne qualité. Il convient donc de proposer la valorisation de cette essence au regard de sa structure de population favorable, et de son coefficient d'exploitation.

Mots clés : essence secondaire, potentiel de valorisation, Pallisco, *Pentaclethra macrophylla* Benth.

ABSTRACT

Like most tropical forests, the forests of the Congo Basin are facing anthropogenic pressures leading to land conversion for various uses, including timber exploitation. However, this is a selective exploitation that threatens the survival of certain species, even their disappearance. It is in this context that the present study focused on *Pentaclethra macrophylla* Benth, commonly known as Mubala, in FMU 10044 of the Pallisco concession in the East Cameroon region. The aim of the study was to answer the general question: what is the production potential of *Pentaclethra macrophylla* Benth with a view to its valorisation? Specifically, the aim was to identify the main defects observed in this species (1), to determine its exploitation coefficient (2), and to identify the environmental factors that could influence the quality of this species (3). The methodological approach used was stratified random sampling. Data were collected on 160 trees, from which the environmental and dendrometric parameters of each stem were recorded. The exploitation coefficient was 78.75% and environmental factors with a significant influence on log quality were also determined. Descriptive statistics of the field data showed that 43.75% of the trees studied belonged to class C according to the tree rating standards used in Pallisco. It was also observed that 55% of the field mice attacks occur towards the periphery of the section. The harvestability of this species is around 78.75% in this FMU, ensuring the economic profitability of the company with regard to this species. However, this exploitation will have to take into account environmental factors that have a significant influence on the exploitability of the logs. These indicators will be important when negotiating contracts. All this is to improve the planning of the exploitation and increase the chance of getting good quality logs first. It is therefore appropriate to propose the valuation of this species with regard to its favourable population structure and its exploitation coefficient.

Key words: secondary species, recovery potential, Pallisco, *Pentaclethra macrophylla* Benth.

INTRODUCTION

1. Contexte et Justificatif

Les forêts du Bassin du Congo constituent le second plus grand massif de forêts tropicales après le bassin amazonien. Avec une superficie totale estimée à environ 200 millions d'hectares, soit près de 91 % des forêts denses humides africaines, elles représentent les principales ressources forestières de tout le continent. Ces forêts renferment une biodiversité extraordinaire qui constitue un potentiel inestimable pour le développement socio-économique de la région (Gourlet-Fleury, et Forni 2012; Wu *et al.* 2013). Elles jouent également un rôle important dans la régulation du système climatique continental et mondial (de Wasseige *et al.*, 2015).

Plusieurs pays de la sous-région tirent une part non négligeable de leur revenu de l'exploitation de la forêt, qui représente de ce fait une part importante de leur PIB. Il s'agit par exemple de la République Centrafricaine (13%), du Cameroun (6%), du Congo (5,6%) et du Gabon (3,5%). De plus, le secteur forestier dans le Bassin du Congo a la capacité de fournir un grand nombre d'emplois directs et indirects, en s'appuyant sur une ressource qui peut se renouveler dans des bonnes conditions de gestion durable (Bayol *et al.*, 2010). Au Cameroun, sur 55 industries recensées, environ 8000 emplois permanents et 21 000 informels ou temporaires ont été dénombrés (CIFOR, 2013). La durabilité de ce secteur revêt donc une importance à la fois écologique et économique (Séka, 2019).

Reposant sur la mise en œuvre d'un plan d'aménagement, la gestion durable des forêts du Bassin du Congo se traduit par une exploitation sélective du bois d'œuvre, en moyenne d'un à deux arbres par/hectares tous les 25 à 30 ans. Elle utilise des techniques d'exploitations forestières à impact réduits (EFIR) qui limitent les dégâts liés aux activités d'extraction de bois sur le peuplement résiduel (Benthem *et al.*, 2016). Cela se traduit par une réelle planification des activités, et une programmation des opérations d'exploitations forestières. Cependant, la demande croissante de bois certifiée par les consommateurs a emmené progressivement les entreprises forestières à aller au-delà de la dynamique d'aménagement en sollicitant des référentiels de garantie d'une gestion forestière durable à l'instar de la certification FSC (Forest Stewardship Council).

Un peu moins de 5 millions d'hectares de ces forêts exploitées sont certifiées FSC (FSC, 2018). La certification forestière apparaît comme un label qui rassure aux consommateurs que le bois mis sur le marché provient de concessions forestières gérées

durablement afin de maintenir la biodiversité et l'ensemble des biens et services produits par ce dernier (FSC, 2012). Les entreprises forestières sont donc considérées comme de véritables partenaires dans la lutte contre la dégradation des forêts. Biwolé *et al* (2019) affirment que, les travaux de régénération menés dans les zones affectées par les activités d'exploitations sélectives de bois prouvent bien que certaines essences éduquées en pépinières et introduites dans ces zones ont des pourcentages de croissances plus importants comparés à ceux réalisés dans des forêts vieilles non exploitées. Ainsi donc, la régénération du couvert suivant l'exploitation, la vulgarisation des méthodes d'exploitation forestière à impact réduit et le développement de certifications légales ou durables des concessions limitent les impacts de l'exploitation du bois sur les surfaces affectées (de Wasseige *et al.*, 2015).

Le Cameroun dispose du 2ème massif forestier d'Afrique avec une superficie forestière évaluée à 22 millions d'hectares, soit 46,25% du territoire national. La forêt exploitable couvre 17,5 millions d'hectares dont 11,5 millions pour le domaine forestier permanent et 6 millions pour le domaine non-permanent. Le potentiel forestier camerounais est diversifié avec plus de 600 espèces disponibles dont 300 commercialisables sous forme de bois d'œuvre. Cependant seulement 60 espèces environ sont effectivement exploitées dont une quinzaine de façon intensive.

La loi N°94/01 du 20 janvier 1994 portant régime des forêts, de la faune et de la pêche divise le domaine forestier national en deux ensembles : d'une part, le domaine forestier permanent constitué de massifs forestiers appartenant à l'état (forêts domaniales) et aux collectivités publiques décentralisées (forêts communales). Et d'autre part, le domaine forestier non permanent constitués de terres forestières susceptibles d'être affectées à d'autres utilisations (forêts communautaires, forêts de particulier). L'exploitation dans les forêts de production du domaine forestier permanent obéit aux exigences légales et réglementaires tel que l'arrêté 0222 du 25 mai 2001 fixant les procédures d'élaborations, d'approbation, de suivi et de contrôle de la mise en œuvre des plans d'aménagements des forêts.

L'entreprise Pallisco CIFM dispose de plusieurs d'UFA certifiée FSC, munis de plan d'aménagement approuvés et validés par le Ministère des forêts et de la faune (MINFOF) Elle pratique une gestion durable au sein de ses concessions. Comme la plupart des sociétés forestières, elles sont en proie à une réduction considérable des volumes de bois régulièrement exploitée compromettant leur pérennité. L'exploitation forestière étant une activité vitale pour

la survie et la rentabilité économique de la société, la chute, la diminution des volumes de bois exploitables est une préoccupation importante pour ces acteurs de la filière bois.

2. Problématique

Selon Doucet (2003), La régénération d'une essence dépend de ses besoins en lumière en fonction de son stade de développement. Dans les forêts sans perturbations récentes, les essences héliophiles pionnières ont généralement des structures de population présentant un déficit de régénération. La reconstitution des stocks de ces essences héliophiles risque donc de diminuer, de rotation en rotation, jusqu'à épuisement quasi complet de la ressource (Doucet, 2003). L'exploitation sélective des bois par les entreprises forestières est basée sur le calcul des taux de reconstitution détaillé dans un plan d'aménagement validé par les administrations forestières nationales. Les sociétés forestières engagées dans la gestion durable doivent adapter les volumes de bois à exploiter et diversifier les essences exploitées afin d'assurer non seulement la reconstitution du potentiel ligneux (Karsenty et Goulet-Fleury 2006), mais aussi promouvoir le soulagement des essences les plus prisées sur le marché à travers une meilleure valorisation de la ressource ligneuse des forêts. Cela passe par la valorisation des essences secondaires ou des essences de la catégorie 5 selon le classement du MINFOF, ce qui ne peut être possible qu'à travers l'identification et l'étude des essences promotionnelles de substitution aux essences courantes sur le marché.

Le Cameroun compte de nos jours environ 300 espèces d'arbres parmi lesquelles 50 seulement font l'objet d'une exploitation régulière (R.A.O./PNUD, 1988). Les autres, appelées couramment « essences secondaires », sont laissées sur pied en forêt pour diverses raisons, qui tiennent à l'insuffisance du potentiel ligneux disponibles, à l'absence des techniques adéquates pour leur exploitation, à la non rentabilité économique actuelle de leur utilisation, à l'inexistence du marché ou encore à la méconnaissance de leurs propriétés, physiques ou technologique (Tshiamala-Tshibangu *et al.*, 1993). Cette situation tant décriée par les acteurs de la filière bois, y compris l'ensemble des parties prenantes, exige des solutions immédiates. L'une d'elles passe par la diversification de la gamme des essences exploitées mises sur le marché.

La diversification des essences exploitées peut être une solution pour assurer la pérennité des concessions forestières certifiées et réduire la pression sur les essences dont le potentiel de régénération est faible (Karsenty *et al.*, 2006). Les forêts tropicales bénéficient d'une grande diversité des espèces ligneuses. La survie économique des entreprises forestières

certifiées dans le Bassin du Congo et la pérennisation du modèle de concession sous gestion durable selon les principes du FSC, dépendent notamment de la diversification des essences commercialisées (FSC, 2021). Cette nécessité s'impose dans un contexte où les consommateurs sont de plus en plus exigeants par rapports aux caractéristiques techniques des produits bois achetés. Dès lors, afin de promouvoir de nouvelles essences, les entreprises forestières doivent démontrer et informer les marchés locaux ou d'exportations des usages potentiels de ces nouvelles essences (Douce, 2017). Cependant, présenter des usages intéressants ne suffit pas, les volumes de bois ainsi que l'efficacité de leur transformation doivent être suffisants pour assurer une rentabilité économique aux entreprises forestières.

Plusieurs essences inventoriées par l'entreprise ne sont pas abattues par manque de commandes et de connaissances relatives à leurs usages et leur transformation. Le Mubala fait justement partir de cette liste potentiellement exploitable pour élargir la gamme des essences commerciales. Le présent travail de fin d'étude a été mené pour caractériser le potentiel de valorisation de *Pentaclethra macrophylla* Benth dans l'UFA 10 044.

3. Questions de recherches

3.1.Question principale

Quel est le potentiel de production du *Pentaclethra macrophylla* Benth en vue de sa valorisation au sein de l'UFA 10 044 de la concession forestière Pallisco-CIFM ?

3.2.Questions spécifiques

Il s'est agi plus spécifiquement de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les principaux défauts observés sur *Pentaclethra macrophylla* Benth?
- Quelle est la possibilité de son exploitation dans cette UFA ?
- Quels sont les facteurs environnementaux pouvant influencer la qualité de cette essence?

4. Objectifs de l'étude

4.1.Objectif général

La présente étude a pour objectif général de contribuer à la gestion durable des ressources forestières au Cameroun, et plus particulièrement de sa ressource ligneuse.

4.2.Objectifs spécifiques

Plus spécifiquement, il a été question de :

- Identifier les principaux défauts observés sur le Mubala ;
- Analyser son coefficient d'exploitation ;
- Identifier les facteurs environnementaux pouvant influencer la qualité de cette essence.

5. Importance de l'étude

Cette étude s'avère nécessaire dans un contexte de gestion durable des forêts, et de pérennisation des entreprises forestières en proie à la fermeture avec la chute des volumes des essences commerciales les plus prisées sur le commerce mondial.

Pour les entreprises forestières

Cette recherche permet aux entreprises forestières de diversifier la gamme des essences commerciales, en proposant aux consommateurs de nouvelles espèces avec des propriétés mécaniques et technologiques similaires. Il ne suffira pas seulement de proposer, mais de choisir la liste de ces essences qui viendront réduire la pression sur les espèces exploitées depuis des décennies. Pour cela il faut non seulement rassurer les consommateurs des usages intéressants, mais aussi améliorer l'exploitabilité des grumes par une bonne planification des activités d'exploitation.

Pour la communauté scientifique

Cette étude, non seulement permettra d'enrichir la littérature, mais pourra être considérée comme une référence à l'avenir pour la valorisation des essences forestières commerciales dans un contexte où les consommateurs deviennent de plus en plus exigeants.

Pour l'administration des forêts

L'introduction de nouvelles essences sur le marché permettra de mieux valoriser le potentiel forestier pays. Cela pourra se traduire par une augmentation des recettes engendrées par les activités d'exploitation forestières.

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE

I.1. Définition des concepts

I.1.1. Aménagement forestier

Au sens de la loi n°94/01 du 20 Janvier 1994, l'aménagement d'une forêt permanente se définit comme étant la mise en œuvre, sur la base d'objectif et d'un plan arrêtés au préalable, d'un certain nombre d'activités et d'investissements, en vue de la production soutenue de produits forestiers et de services, sans porter atteinte à la valeur intrinsèque, ni compromettre la productivité future de ladite forêt, et sans susciter d'effets indésirables sur l'environnement physique et social. Cette définition stipule clairement que l'aménagement s'appuie sur un plan arrêté au préalable. Ce plan est un document qui doit être validé par l'administration forestière du Cameroun. Il s'agit du plan d'aménagement.

I.1.2. Le plan d'aménagement :

D'après Séka (2019), Il s'agit d'un document dont l'objectif principal est la fixation de l'activité d'exploitation forestière sur des massifs permanents, par une programmation dans l'espace et dans le temps des coupes et des travaux sylvicoles, visant à une récolte équilibrée et soutenue. Ce document tient compte des trois dimensions de la gestion forestière durable en incluant les aspects (i) écologiques, environnementaux ; sociaux et économique.

I.1.3. Certification forestière :

Pour Eba'a (2002), la certification forestière est un système de labellisation visant à encourager une gestion forestière responsable en ajoutant plus de valeur aux produits forestiers issus de forêts bien gérées. La mise au point de la certification de la gestion forestière a permis une réflexion concertée sur une définition commune de la gestion durable des forêts et sur la façon de l'évaluer sur le terrain. Soutenue par de nombreuses ONG environnementales depuis la conférence de Rio en 1992, la certification est un outil de différenciation sur les marchés du bois. Cet outil permet in fine d'informer rapidement le consommateur final, via l'apposition d'un label, sur le produit bois certifié afin de le rassurer sur son choix d'achat. La certification repose sur une liste d'exigences organisées selon des normes, qui doivent être respectées par les entreprises candidates à l'obtention du certificat. Un audit est effectué par une tierce partie indépendante et si les actions mises en place sont conformes, un certificat annuel peut être délivré. On trouve deux types distincts de

certification appliqués dans le bassin du Congo : la certification de gestion durable et la certification de légalité (ATIBT, 2016).

I.1.3. Classification des essences

Selon le MINFOF(2014), les essences commercialisées au Cameroun sont classées en cinq catégories :

- Les essences dont l'exportation est interdite sous forme de grume sont celles dont le marché des produits transformés est relativement important et constant et/ou qui sont protégées par une convention internationale ratifiée par le Cameroun ou inscrites dans la liste rouge de l'UICN.
- Les essences sous quotas sont celles dont l'exportation peut être autorisée sur la base d'un quota préalablement défini.
- Les essences de promotion de première catégorie sont celles dont l'exportation sous forme de grumes est autorisée sous réserve de justifier de la transformation et/ou de la vente locale d'au moins 30% du volume exploité.
- Les essences de promotions de deuxième catégorie sont celles qui ont déjà fait l'objet d'une commercialisation locale ou international, ou donc les caractéristiques sont proches de celles d'une essence commercialisée ou permet de les substituer à un produit.

Les autres essences sont toutes les essences qui ne sont pas classées dans les rubriques précédentes. Elles devront faire l'objet de recherche en vue de leur valorisation.

I.1.4. Coefficient de commercialisation

C'est le rapport entre le volume de bois commercialisable et le volume de bois total abattu des arbres exploités.

I.1.5. Coefficient d'exploitation

C'est le rapport entre le nombre d'arbres exploitables supérieur au DMA sur le nombre d'arbres disponibles donc le diamètre est supérieur au DMA.

I.1.6. Exploitation forestière

L'exploitation forestière est un processus de production s'appliquant à un ensemble d'arbres en vue de leur acheminement vers un site de valorisation et de transformation de

bois. L'exploitation est souvent réalisée dans le cadre de la mise en œuvre d'un plan d'aménagement forestier (FAO 2011).

I.1.7. Essences secondaires

Il s'agit d'abord d'une notion commerciale utilisée pour désigner les essences qui ne font pas encore l'objet d'un commerce courant. Leur pénétration sur le marché est encore timide, même si les volumes disponibles peuvent être intéressants ainsi que les prix. Cette terminologie revêt également un caractère scientifique. En effet sur plus de 300 espèces identifiées botaniquement, nous ne connaissons que l'utilisation de très peu d'entre elles. Certaines informations à ce sujet sont disponibles mais ne sont pas suffisamment diffusées et encore moins exploitées.

I.1.8. Gestion durable :

Mode de développement qui répond aux besoins de la génération présente sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs (loi N°94/01/ du 20 janvier)

I.1.9. Valorisation des essences forestières secondaires

La valorisation d'une essence correspond à l'attribution d'une valeur économique à l'arbre ou à une partie de l'arbre. Cette valorisation peut autant concerner le bois que les écorces, les fruits ou encore les fleurs. Néanmoins, dans le cas d'une concession forestière, il est proposé de s'intéresser à la valorisation du matériau bois, du moins dans un premier temps (Doucet, 2017).

I.1.10. Mulotage des bois

Fouquet(2003), ce sont les galeries causées par des insectes ou de larves xylophages de type longicornes ou de cérambycidés qui perforent le bois en forêt, lorsque l'arbre est encore en pleine croissance sur pied ou encore fraîchement abattu. Les insectes adultes forent des galeries pour y déposer des œufs. Les larves s'y développent selon un cycle propre à chaque type d'insecte, et les insectes adultes regagnent l'extérieur par des trous d'envol. Les galeries réalisées par ces insectes peuvent avoir plusieurs dizaines d'années d'ancienneté, voire un siècle et plus si l'arbre abattu est très vieux. Ces insectes vivent et ne se reproduisent que sous les climats tropicaux, ils ne peuvent pas survivre et proliférer sous climat tempéré.

I.1.11. Première transformation du bois

Il s'agit de l'ensemble de toutes les opérations directement effectuées sur les bois ronds qui permettent d'obtenir un autre produit. Les produits issus de la première transformation sont par exemple les équarris, les avivés bruts, les plots, les placages tranchés ou déroulés, les bois fendus, les plaquettes, les sciures, les copeaux, la pâte à papier, le bois de feu, le charbon de bois, etc... (ATIBT, 2016)

I.1.12. Deuxième transformation du bois

C'est l'ensemble des opérations effectuées sur les produits de la première transformation et qui permettent d'obtenir des éléments semi-finis et/ou profilés. Les produits issus de la deuxième transformation sont des produits ayant subi une opération de séchage, de traitement, de rabotage, de moulurage, de collage, etc. Les produits issus de la deuxième transformation sont par exemple les bois traités, les bois séchés artificiellement, les bois rabotés, les bois moulurés, les bois poncés, les lames de bois massif (parquet, bardage, lambris, decking), les pellets, les briquettes etc... (ATIBT, 2016).

I.1.13. Statut de l'arbre

Un arbre peut avoir un statut de **Dominant**, lorsque sa cime surplombe celle des arbres voisins. Il peut être **dominé** lorsque sa cime est surplombée par celle des arbres qui l'entoure. Enfin il peut être Codominant lorsque sa cime est au même niveau que celle des arbres environnant. (Ridremont *et al.*, 2014).

I.1.14. Structure d'un sol

C'est le mode d'agencement des particules d'un sol les unes aux autres pour former les petites mottes. Ces agrégats s'assemblent à différents échelles comme les pièces d'une construction et finissent par présenter une organisation structurale visible à l'œil nu (El kedmiri, 2016).

I.1.15. Sylvigénèse

C'est l'ensemble des processus par lesquels le couvert forestier organise sa structure tridimensionnelle (Oldeman, 1990).

I.2. Revue de la littérature

I.2.1 Description du *Pentaclethra macropylla* Benth

I.2.1.1 Taxonomie et écologie

Pentaclethra macropylla Benth est un arbre appartenant à la famille de Fabaceae et de la sous-famille des Mimosoideae. Communément appelé Mubala, il est également appelé Mbalaka par les populations de l'Est Cameroun. Sa répartition géographique couvre l'Afrique Centrale et l'Afrique de l'Ouest. L'utilisation de cette ressource pour son bois reste encore méconnue du fait de la non connaissance de ses propriétés technologiques et de ses usages potentiels (Meunier *et al.*, (2015) ; Joseph *et al.*, 1964).

Concernant son écologie, c'est une espèce non caducifoliée dite crypto-pionnier qui conserve ses feuilles le long de l'année et se développe de préférence à la lisière des savanes. C'est une espèce non grégaire c'est-à-dire qui ne se retrouve pas en groupe, du moins n'atteint pas la proportion d'une dizaine d'arbre à l'hectare. Elle est très rependue dans les forêts secondaires sempervirentes et semi caducifoliées, et les jachères. Au Cameroun, elle est présente dans les forêts toujours vertes, abondante vers Mamfé et dans la zone du Dja (Vivien *et al.*, 1936). Plus dispersé en forêts semi caducifoliées, la dissémination des graines de cette espèce dite hermaphrodite, c'est-à-dire qui portent à la fois les organes reproducteurs mâles et femelles (étamines et pistil), se fait par éclatement de la gousse (autochorie). Les graines sont probablement à maturité entre Septembre et Avril (Meunier *et al.*, 2015), mais ceci reste à être confirmé par des recherches phénologiques.



Figure 1. Aperçu du fût de Mubala

I.2.1.2. Description biologique

Le Mubala est un arbre atteignant 30m de haut et 1m de diamètre, avec ou sans empatement, parfois de légers contreforts et à feuillage dense. Il convient de noter qu'il est possible d'observer des diamètres de plus de 1.50m. Son tronc est de couleur grise à brune écailleux, et souvent irrégulier et bosselé. Il possède des feuilles composées bipennées de 9 à 16 paires de pennes (figure 1). Ses fleurs sont pourpres et blanches, ses fruits sont constitués de fortes gousses ligneuses pouvant atteindre 65x10 cm (Aubreville, 1959 ; Vivien *et al.*, 1936). Une fois à maturité ces gousses s'ouvrent avec fracas pour libérer les graines, puis s'enroulent en cercle (Meunier *et al.*, 2015).

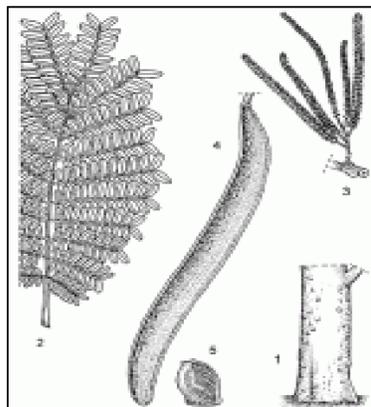


Figure 2. Description du Mubala

(1, Base du fût; 2, Feuille; 3, Inflorescence; 4, Fruit; 5, Graine.)

I.2.1.3. Usages

La partie de l'arbre la plus utilisée est la graine (photo 3). Le bois n'est pas actuellement exploité, si oui en cours d'expérimentation. Les travaux de recherches sur les propriétés technologiques de cette espèce indiquent qu'elle possède de bonnes qualités qui pourraient assurer sa valorisation dans un avenir proche. (Doucet, 2017 ; Vivien et al., 1936) affirment néanmoins que le bois scié pourrait servir aux travaux hydrauliques, menuiserie extérieure, carrosserie, et de construction navales. Les graines cuites de Mubala servent à préparer une pâte semblable à celle obtenue par les amandes de l'Andok (*Irvingia gabonensis*). Ses graines et son écorce sont utilisées en médecine traditionnelle et la pharmacopée. Cette essence peut aussi être utilisée pour l'enrichissement des jachères et des agroforêts (Meunier *et al.*, 2015). On peut également l'introduire dans des jardins et des plantations en association avec des cultures dans divers systèmes agroforestiers.



Figure 3. Gousse du Mubala



Figure 4. Gousse du Mubala

I.2.2. Influence du sol sur la végétation arborescente

I.2.2.1. Caractéristique chimique des sols et les arbres forestiers

D'après Freycon *et al.* (2016), la fertilité chimique des sols, nettement plus élevée dans les horizons de surface, semble expliquer la répartition majoritairement superficielle du système racinaire des arbres : sur un profil de 2 mètres de profondeur, au moins 60% de la masse racinaire se trouve dans les 20 premiers centimètres du sol. C'est le cas des sols de

l'UFA 10 044 de la Pallisco, où toutes les racines se trouvent concentrées dans les premiers 30 centimètres de l'horizon A.

Cependant, les arbres développent aussi des racines profondes (Poels, 1994) malgré la forte concentration des racines dans l'horizon A. Les résultats déduits de cette étude indiquent que les racines prospectent une épaisseur de sol d'environ 3,5 m. Au Brésil, dans l'État du Para, la profondeur racinaire maximale des arbres d'une forêt sempervirente est de 18 m (Nepstad *et al.*, 1994). Cependant, une étude réalisée sur le site de Petit Saut (Poszwa *et al.* 2002) a montré que ces racines profondes ne prélèvent pas ou que très occasionnellement le strontium et le calcium. L'essentiel du cycle biogéochimique se passe dans les horizons superficiels, là où la disponibilité des nutriments, issus de la décomposition de la litière, est la plus forte et le système racinaire le plus dense.

Par ailleurs, l'acidité des sols peut induire pour les arbres des toxicités souvent associées à une déficience en éléments importants (Ca, Mg, P, Cu...). La toxicité en aluminium est un phénomène connu depuis longtemps pour les plantes cultivées ; certaines sont sensibles (coton, tabac) contrairement à d'autres (hévée, manioc). Bien que peu étudiée dans la littérature, cette toxicité pourrait avoir un impact sur la végétation forestière (Barthes, 1991 ; Freycon *et al.*, 2003).

I.2.2.2. Caractéristiques physiques des sols et impact sur les arbres forestiers

D'un point de vue physique, le sol peut être considéré comme un compartiment constitué d'une matrice solide (terre fine, éléments grossiers), d'eau et d'air. Le déficit ou l'excès d'au moins l'un de ces composants est une contrainte pour les végétaux. Trois contraintes sont majeures et peuvent atteindre des seuils limitant :

- Asphyxie : un arbre doit trouver dans le sol suffisamment d'oxygène pour assurer la respiration de ses tissus racinaires. En cas d'excès d'eau dans le sol, l'air est entièrement chassé du volume poral de la matrice, le système racinaire se trouve alors dans un environnement anoxique (asphyxiant)
- Stress hydrique: pour assurer ses besoins physiologiques, un arbre consomme de grandes quantités d'eau rejetées dans l'atmosphère par transpiration. L'eau peut ne pas être disponible en quantité suffisante dans le sol sous sa forme accessible pour les plantes, l'arbre est alors en état de stress hydrique.
- Obstacle physique: un arbre doit explorer une quantité suffisante de sol pour pouvoir se développer. La présence d'un obstacle (horizon compact, cuirasse, nappe

phréatique...) peut limiter voire empêcher l'enfoncement du système racinaire dans le sol.

Les conséquences de ces contraintes sur les arbres peuvent être vues à travers leur enracinement (Freycon *et al.*, 2003).

- **Enracinement et dynamique de l'eau dans le sol**

D'après Humbel (1978) et Boulet *et al.* (1979), l'occupation du profil vertical par le système racinaire est fonction du type de dynamique de l'eau dans le sol. Grimaldi et Boulet (1990) précisent les caractéristiques physiques qui sont à l'origine de cette relation.

Dans les sols à drainage vertical libre (DVL), l'enracinement est le plus profond : sur un profil de 2m de profondeur, 66 % de la masse racinaire se trouve entre 0 et 20 cm, 25% entre 20 et 60cm, 4% entre 60 et 100 cm et 5% entre 100 et 200 cm. Ces observations sont à relier aux propriétés physiques de ces sols qui déterminent un bon drainage et une bonne aération :

- porosité importante et très bonne capacité d'infiltration (400 cm/h) en surface, bien supérieure à l'intensité maximale des pluies ;
- filtration encore non négligeable (2,4 cm/h) à 2 m de profondeur, dans l'horizon micro agrégé grâce au maintien des pores de grande taille.

Un sol à drainage vertical libre est donc caractérisé par un bon équilibre air-eau et par l'absence de variations brusques de ses caractéristiques physiques le long du profil vertical. En conséquence, les fortes pluviosités ne provoquent pas d'engorgement.

Dans les sols à drainage latéral superficiel (DLS), l'enracinement est généralement moins profond : la masse racinaire entre 100 et 200 cm ne représente plus que 0,6 % du total. Ces observations sont à relier avec la présence à 80-100 cm de profondeur d'un horizon argileux compact, peu filtrant (0,12cm/h) caractérisé par l'absence de pores de grande taille.

Dans les sols du système hydromorphe amont, l'enracinement est essentiellement superficiel : 89 % de la masse racinaire se trouve entre 0 et 20 cm. Cela est à relier avec la présence à 30 et 50 cm de profondeur d'une nappe perchée stagnante une grande partie de l'année. L'essentiel des racines se trouve donc au-dessus de cette nappe perchée avec notamment trois fois plus de racines grossières trouvées que dans les sols à drainage vertical libre.

Enfin, les sols de bas-fonds hydromorphes se caractérisent par un excès d'eau permanent. Bien que les mesures d'enracinement n'y aient pas encore été réalisées, l'enracinement est probablement superficiel. On observe également chez plusieurs espèces la présence de pneumatophores, racines aériennes permettant d'éviter l'asphyxie. Elles se présentent sous la forme d'arceaux de 10 à 40cm de haut, typiques de *Symphonia globulifera* et de *Lecythis pneumatophora* S.A.Mori.

- **Enracinement profond et alimentation hydrique**

L'approche écophysiological a permis de préciser le rôle de l'enracinement profond sur l'alimentation en eau de l'arbre (Ducrey et Guehl, 1990 ; Bonal *et al.*, 2000). En saison des pluies, celle-ci a lieu préférentiellement dans les horizons superficiels, aussi bien pour les sols DVL que DLS. En saison sèche, les horizons superficiels se dessèchent les premiers et l'alimentation hydrique se déplace progressivement vers les horizons de profondeur. Ainsi, dans les sols à DVL, l'extraction de l'eau par les racines dépasse les profondeurs maximales fixées dans les protocoles d'étude : 1,70 m pour les sondes, 3m pour les fosses. Par contre, pour les sols à DLS, cette eau disponible dans les horizons inférieurs, bien qu'importante (Humbel, 1978 ; Ducrey et Guehl, 1990), est très peu extraite par les arbres du fait de leur faible prospection racinaire. La fraction de racines profondes joue donc un rôle d'autant plus important pour la végétation qu'il y aura nécessité de mobiliser les réserves hydriques profondes. Les travaux de Nepstad *et al.*, (1994) indiquent qu'au Brésil, sur des sols profonds argileux et sous un climat tropical (précipitations : 1750 mm) marqué par une sévère saison sèche (5 mois et demi), la réserve d'eau utile stockée entre 2 et 8 m de profondeur a fourni à la forêt sempervirente 75 % de l'eau extraite du sol.

I.2.2.3. Influence des sols sur les peuplements forestiers

L'influence du sol sur les arbres est parfaitement identifiable à l'échelle de l'individu et du peuplement forestier. Cela pourrait se traduire par des variations de la structure dendrométrique, (densité, surface terrière, distribution des diamètres, etc... d'architecture, de dynamique sylvigénétique et de composition floristique. Il faut noter que la compétition inter-individuelle et la sylvigénèse peuvent avoir une influence sur le sol. (Boulet *et al.*, 1979)

Les plantes sont individuellement en compétition pour trois ressources essentielles : la lumière, l'eau, et certains éléments minéraux. En forêt amazonienne, les expériences d'isolement du système racinaire de jeunes plants, par creusement de tranchées, montrent clairement (Lewis et Tanner, 2000) que la compétition entre individus pour l'alimentation

minérale est d'autant plus perceptible que les sols sont chimiquement pauvres. Elle est plus faible sur sol ferrallitique que sur podzol. De plus, ces expériences réalisées sous climat peu contrasté suggèrent qu'il faut s'attendre, sous climat plus contrasté ou sur des sols à moindre réserve utile (type DLS), à un impact plus marqué de la compétition, entre les individus, pour l'eau (Vincent F et al., 2003).

La sylvigénèse est l'ensemble des processus par lesquels le couvert forestier organise sa structure tridimensionnelle (Oldeman, 1990). Les processus moteurs de la sylvigénèse sont, d'une part, la croissance individuelle des arbres et leur développement architectural et, d'autre part, la dynamique de renouvellement de ceux-ci (mortalité/chablis et régénération). Retenons que le sol (stabilité mécanique, profondeur de l'enracinement, engorgement...) en interaction avec d'autres facteurs (caractéristiques des espèces, vent et pluviosité) influence le cycle sylvigénétique et in fine la structure dendrométrique et la composition floristique (Molino et Sabatier, 2001) du peuplement forestier.

I.2.3. Les principaux défauts du bois

Selon le Dr. Beldjazia Amina, (Module : Economie forestière), Le bois peut présenter des vices, c'est-à-dire des anomalies qui en modifient les propriétés et en restreignent les emplois et les usages possibles. Les vices du bois sont soit des défauts, c'est-à-dire des anomalies de structure, soit des altérations, c'est-à-dire des anomalies portant sur la composition chimique, entraînant la destruction partielle ou la modification de la substance du bois. Ils se manifestent soit sur l'arbre sur pied (mulotage), soit sur le bois après abattage. Les principaux défauts du bois, suivant peuvent être cités à titre d'exemple

Les nœuds sont des anomalies de structure consistant en la trace d'une branche englobée dans le tronc au cours de l'accroissement en diamètre de l'arbre (Dr. Beldjazia Amina, Module1 : Economie forestière). Le nœud peut être vivant, s'il est formé par une branche qui reste vivante et continue à s'accroître en même temps que le tronc. Un tel nœud est un point faible dans une poutre ou un poteau, car il y a alors changement de direction des éléments du bois ; c'est une cause de dépréciation en menuiserie. Le nœud mort est formé par une branche morte. Il se crée alors au niveau de l'insertion de la branche, un bourrelet de recouvrement à la branche morte reste incluse dans la masse du bois ; si la branche morte se casse, les couches de bois se forment indéfiniment au-dessus du nœud qui n'est plus visible extérieurement.

Une bosse est une protubérance plus ou moins prononcée sur la surface d'une bille; il s'agit généralement d'un nœud recouvert. Les bosses très saillantes dissimulent un chicot de forte taille; celles qui sont étendues et plus arrondies cachent fréquemment des défauts plus sérieux, comme des chicots pourris et des blessures profondes (Boudreau et al, 2020).

Une cannelure est une rainure ou un repli longitudinal à la surface de l'écorce, et pouvant renfermer des inclusions d'écorce. Souvent, une cannelure se forme à la jonction de deux racines principales. Bien que n'affectant très souvent que le bas de l'arbre, les cannelures s'étendent parfois beaucoup plus haut sur la tige. Le phénomène des cannelures est généralement associé à un drainage légèrement ralenti ou à un microsite élevé (Boudreau et al, 2020).

Un coude est une déviation brusque de l'axe d'une tige, tandis qu'une courbure est une déviation graduelle (Boudreau et al, 2020).

Les champignons :

Les altérations du bois les plus graves sont dues aux champignons dont le mycélium qui pénètre dans les cellules et se nourrissent de leurs membranes et des substances qu'elles contiennent, en provoquant des changements dans la composition chimique. Ces transformations sont appelées pourritures, se manifestent par un changement de coloration et de consistance du bois. On distingue ainsi les champignons lignicoles (bleuissement), lignivores (pourritures) et moisissures.

Les champignons lignivores sécrètent des enzymes qui catalysent des réactions dont le résultat est de transformer en composés assimilables par le champignon les principaux constituants du bois (Ericksson et al., 1990). Lors de la dégradation du bois par les champignons lignivores, on peut avoir trois types de pourriture à savoir : pourriture blanche, pourriture brune et pourriture molle (Silva et al., 2007). Les champignons de pourritures brunes attaquent préférentiellement les polysaccharides (cellulose et hémicellulose) en modifiant partiellement la lignine. Parmi tous les agents de dégradation du bois, les champignons de pourriture blanches sont les plus importants, car ils dégradent tous les composés de la paroi cellulaire et sont capables de décomposer totalement la matière lignocellulosique. Tous ces champignons ont la capacité de dégrader les extractibles et certains biocides utilisés pour protéger le bois (Schultz and Nicholas, 2000).

Aussitôt après abatage, le bois est également attaqué par certains champignons qui se nourrissent surtout aux dépens des réserves des cellules plutôt que des membranes. Ils déterminent des changements de coloration et sont dit échauffures. Le cas le plus connu est le bleuissement des bois résineux, notamment des pins ; il est dû à un champignon ou mycélium brun dont la coloration combinée à celle du bois lui donne une teinte bleue. Ces champignons ne modifient pas les membranes, aussi le bleuissement n'entraîne aucun changement appréciable des qualités du bois. Le bois mis en œuvre, s'il est exposé à l'humidité, peut encore être envahi par les champignons (Brunck, 1965).

Les Bactéries sont de la classe des actinomycètes et sont probablement les premiers colonisateurs du bois. Leur dégradation est très lente, moins destructrice que celle des champignons et se développent dans des conditions très particulières. Elles créent des conditions favorables à l'attaque fongiques en dégradant les polysaccharides (cellulose, hémicellulose, amidon) de la paroi cellulaire après un temps extrêmement long dans les conditions anaérobiques. Elles ont la capacité de dégrader les éléments de préservation du bois. La dégradation se manifeste lorsque le bois est immergé ou conservé en milieu très humide (Dr. Beldjazia Amina).

Les Insectes xylophages se regroupent en deux grands groupes à savoir : les coléoptères et les isoptères qui sont des termites. Ils consomment la matière ligneuse pour assurer leur développement. On dénombre actuellement plus de 2,5 millions d'insectes décrits. On distingue les insectes de bois frais et de bois sec (Fouquet, 2003).

Les Insectes de bois frais : peuvent vivre que dans le bois ayant une humidité supérieure à 35%, leur action s'arrêtant lorsque l'humidité du bois devient inférieure à 35%. Ils se retrouvent sur des arbres sur pied ou fraîchement abattus. Ils creusent de petites galeries pour y séjourner. Ils pondent des larves dans le bois et ces derniers se nourrissent de l'amidon du bois. On peut citer comme insecte de bois frais les lyctus, les platypes et les bostryches

Les Insectes de bois sec : Indépendamment de ceux décrits au paragraphe précédent, les insectes de bois sec peuvent se développer sur des bois ayant une humidité inférieure à 18%. Ils sont très dangereux pour les bois d'œuvre, car plusieurs générations d'insectes peuvent poursuivre le travail de destruction sur une même pièce de bois. Les insectes de bois sec sont principalement le capricorne de maison, le criocéphale, l'hespérophone, les vrillettes et les termites. (Brunck., 1965)

Les insectes xylophages produisent des altérations en creusant dans le bois des galeries dites trous de vers ; le plus souvent, elles sont dues aux larves qui se nourrissent du bois et forent des galeries.

I.2.4. Les défauts des identifiés sur les arbres de l'UFA 10044 de Pallisco

Pendant la collecte des données les défauts suivant ont été identifiés sur les arbres :

- **Arbre Troué** : il s'agit de trou, parfois non visible mais perceptible par le bruit ;
- **Le méplat** : désigne une section plane observée sur le fût de l'arbre ;
- **Bosse** : c'est des excroissances observées sur les arbres ;
- **Branche cassée** : il s'agit visiblement des volis observés sur certains arbres ;
- **Branche basse** : c'est des proliférations observées sur les cinq premiers mètres du fut de l'arbre ;
- **Cannelé** : muni de côtes longitudinales régulières, séparées par des sillons.
- **Gourmand** : ce sont des rejets de croissance observés sur le fut de l'arbre ;
- **Coute bille** : fût sans défaut mais donc la longueur influence sa classification. Ces bois ne peuvent appartenir à la qualité A à cause de la longueur du fût qui est généralement inférieur à 6 mètres.

CHAPITRE II MATERIELS ET METHODES

II.1. Description de la zone d'étude

II.1.1. Présentation de la zone d'étude

Cette étude s'est déroulée dans la suite des UFA 10.041-42-44 regroupées appartenant à la société Pallisco-CIFM, située dans la Région de l'Est, Département du Haut Nyong, Arrondissement de Mindourou et précisément dans l'assiette annuelle de coupe 4-3. (Figure 5)

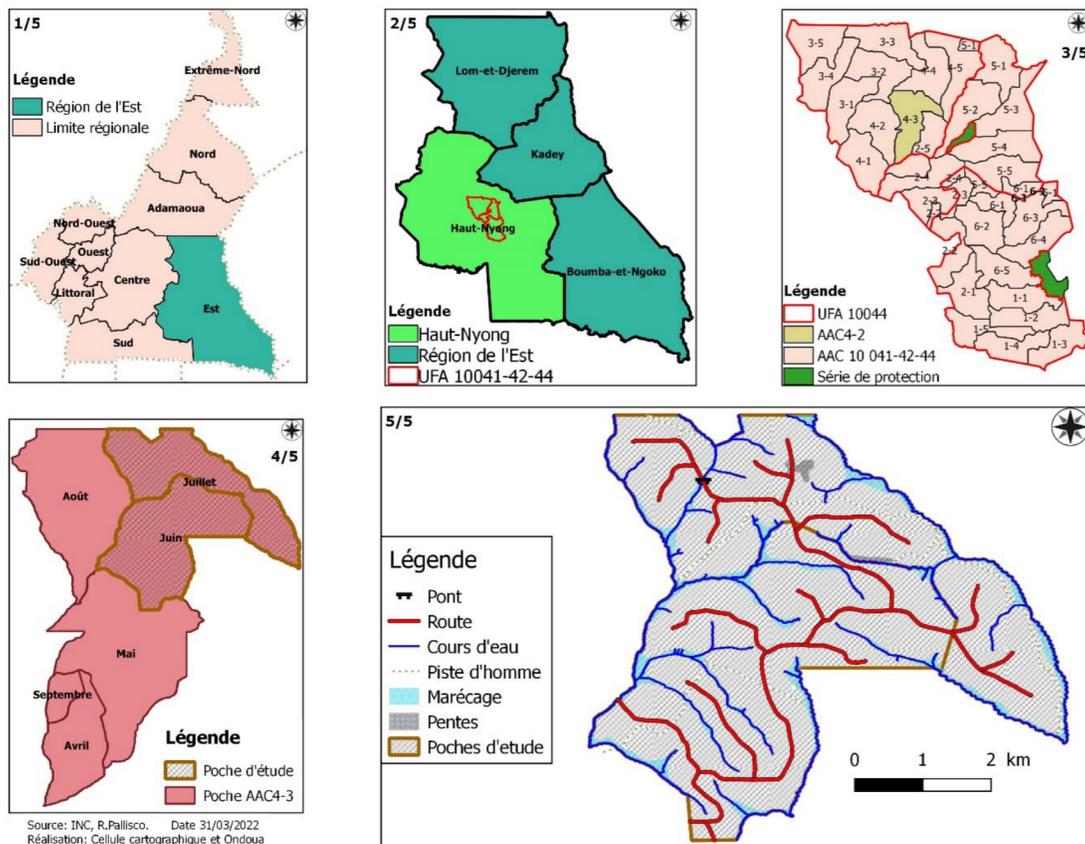


Figure 5. Localisation de la zone d'étude

II.1.2. Caractéristiques du milieu biophysique

II.1.2.1. Climat

D'après Koppen et Geiger, La concession est soumise dans son ensemble à l'influence d'un climat équatorial chaud et humide de type guinéen classique à deux saisons de pluies entrecoupées de deux saisons sèches. Au cours de l'année, les saisons se succèdent de la manière suivante (Nature + asbl) :

- La petite saison des pluies de mi-mars à juin ;
- La petite saison sèche de juin à mi-août ;
- La grande saison des pluies de mi-août à mi-novembre ;
- La grande saison sèche de mi-novembre à mi-mars.

La température moyenne de la région oscille autour de 24°C, et les précipitations annuelles moyennes se situent le plus souvent entre 1.550 et 2.000 mm (hauteur moyenne annuelle de pluie à Lomié sur les 25 dernières années : 1654 mm)

Sur les cinq dernières années, les précipitations moyennes annuelles relevées à Mindourou sont de 1902 mm. La répartition mensuelle de ces précipitations est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1. Données climatiques moyennes relevées sur les cinq dernières années à Mindourou.

mois	janv.	fév.	mars	avril	mais	juin	juil.	aout	sept	oct.	nov.	déc.	Total
P (mm)	13	46,6	162,4	208,2	232,2	201,6	122,6	159,8	236	303	186	30,2	1901,6
T (°C)	23,4	25,3	25,9	25,5	25	24,1	22,8	23,2	23,9	24	24	23,1	

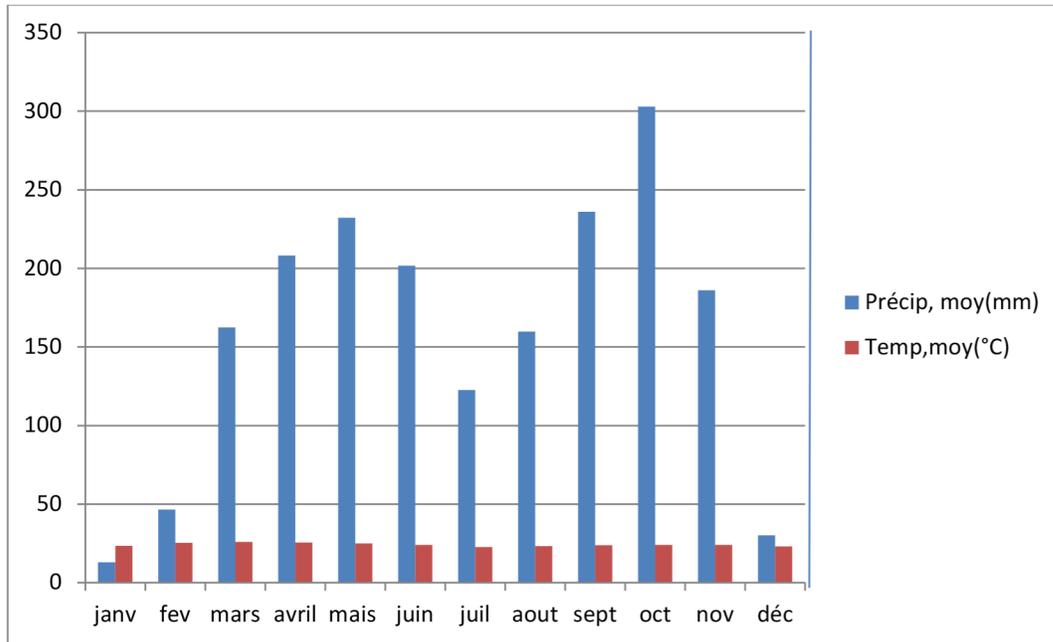


Figure 6. Diagramme ombrothermique de Mindourou sur les 05 dernières années

Sources : Plan d'Aménagement de Pallisco

II.1.2.2. Géologie et pédologie

Du point de vue géologique, la plus grande partie de la concession repose sur le complexe de base du précambrien inférieur dont les principales roches sont les micaschistes gris sombres argentés et dans une moindre mesure des quartzites, des micaschistes et des schistes compacts gris à biotite. Au centre de la concession, on a localisé des migmatites ainsi que des roches intrusives (Gabbro). La zone Nord-Est est couverte par un complexe du précambrien moyen (série d'Ayos) caractérisé par des roches de type micaschistes gris et quartzites à muscovite inter stratifiées. Quelques éléments de la série de Mbalmayo Bengbis (précambrien moyen) ont été identifiés au centre et dans le Sud de la concession. Ces données sont issues des cartes géologiques d'Abong-Mbang Est 1 et Ouest 2.

Du point de vue pédologique, les sols rencontrés dérivent de roches métamorphiques. Sur la terre ferme, ce sont principalement des sols ferrallitiques rouges ou jaunes typiques. Ils sont en général profonds, argileux, meubles, perméables, et présentent souvent peu d'humus. Leur teneur en bases échangeables est faible. Ce sont des sols pauvres, acides et fragiles. Il est possible d'observer à certains endroits la cuirasse ferrugineuse en affleurement. Son épaisseur est variable. Dans les bas-fonds, on trouve des sols hydromorphes à gley issus de la présence,

la plus grande partie de l'année, d'une nappe phréatique haute reposant sur la roche mère. On y rencontre une accumulation de matière organique peu décomposée.

II.1.2.3. Hydrographie

Le réseau hydrographique est très dense et constitué de plusieurs cours d'eau permanents ; les rivières Ndjoo, Ossananga, Mapié, Mien, Epom, Ko, Djawo, etc) et deux rivières importantes : l'Edjé et la Dja. Plusieurs d'entre elles prennent naissance à l'intérieur de la concession.

Trois bassins versants importants ont été identifiés dans le massif. Le plus important est le bassin versant de la Dja qui couvre toute la moitié Nord de la concession. Le bassin versant de la rivière Edjé occupe une grande partie de la zone Sud-Est et enfin la bordure Sud-Ouest de la concession est couverte par le début du bassin versant de la rivière Mien. A l'exception de la Dja dans son cours inférieur, la plupart des rivières peuvent être franchies sans trop de difficultés en toute saison. (Plan d'aménagement)

II.1.2.4. Végétation

La répartition phytogéographique du Cameroun classe la région de Lomié et Messok dans le type de forêt naturelle de transition entre la forêt sempervirente du Dja et la forêt dense humide semidécidue. Ce type de forêt est caractérisé par l'absence de Caesalpiniacées, et la présence des espèces typiques des familles des Sterculiacées et Ulmacées (LETOUZEY, 1968)³ telles que *Mansonia altissima* (Bété), *Eribroma oblongum* (Eyong), *Nesogordonia papaverifera* (Kotibé), *Triplochiton scleroxylon* (Ayous), *Celtis adolfi frederici* (Diana parallèle), *Celtis mildbraedii* (Ohia), *Celtis tessmannii* (Diana T), *Sterculia tragacantha* (Efof afum), *Sterculia subviolacea* (Efof ayous osoé), etc.-

Les espèces caractéristiques des forêts sempervirentes rencontrées dans la concession sont notamment : *Alstonia boonei*, *Baillonella toxisperma*, *Cylicodiscus gabonensis*, *Pentaclethra macrophylla*, *Amphimas ferrugineus*, *Crudia gabonensis*, *Erythrophleum ivorense*. etc. On y rencontre aussi beaucoup d'Irvingiacées ; *Desbordesia glaucescens*, *Irvingia gabonensis*, *Klainedoxa gabonensis*, etc. -Enfin, les rotins (*Calamus spp*) sont abondants partout dans la concession.

D'autres espèces présentes, nettement plus nombreuses, sont caractéristiques des forêts semicaducifoliées. Il s'agit de : *Austranella congolensis*, *Albizia ferruginea*, *Canarium schweinfurthii*, *Celtis spp*, *Detarium macrocarpum*, *Diospyros crassiflora*, *Entandrophragma*

spp, Eriobroma oblongum, Gambeya lacourtiana, Lovoia trichilioides, Mammea africana, Nauclea diderrichii, Pericopsis elata, Petersianthus macrocarpus, Piptadenisatrum africanum, Pterocarpus soyauxii, Ricinodendron heudelotii, Terminalia superba, Triplochiton scleroxylon.

Les formations végétales de la concession renferment donc à la fois des espèces représentatives des formations sempervirentes et des espèces représentatives des formations semi décidues, bien que ces dernières soient nettement plus nombreuses. La photo-interprétation du massif confirme cette analyse en classant la plus grande partie des strates forestières dans le type semi-caducifolié et en identifiant que quelques lambeaux désignés comme appartenant au type sempervirent. Compte tenu de ces considérations, on qualifiera la moitié Nord de cette forêt de forêt dense humide semi caducifolié et la moitié Sud de forêt dense humide de transition. Les formations du type semi caducifolié couvrent la plus grande partie de la concession. Les formations secondaires semblent un peu plus fréquentes sur la bordure Ouest de la concession, non loin des villages riverains, et le long des pistes ouvertes lors de l'exploitation des licences 1803 et 1835. Les formations végétales de terre ferme occupent plus de 3/4 (77,6 %) de la surface totale de la concession, la surface restante étant occupée par des formations végétales ripicoles ou de marécages.

II.2. Collecte des données

Afin de répondre aux différentes questions spécifiques de recherches formulées dans notre introduction. Plusieurs phases de collecte de données ont été réalisées :

II.2.1. Evaluation de la ressource forestière des poches 1 et 2 de l'Assiette Annuelle de Coupe 4-3 de l'UFA 10 044

Objectifs : cette activité avait pour but d'identifier les principaux défauts observés sur les pieds de Mubala visités répondre à la question de recherche QS1

Echantillonnage :

L'échantillon considéré pour cette étude était constitué de 140 pieds de Mubala ayant fait l'objet d'un inventaire d'exploitation en 2020. L'argument du choix étant simplement la densité importante de l'espèce. L'UFA 10 044 étant la zone avec une bonne répartition de cette espèce contrairement aux autres UFA de la concession. L'activité consistait à revisiter ces pieds tout en se servant des layons existants utilisés par les équipes de comptages. Il faut préciser que ces zones devaient être exploitées en Juin et Juillet 2022. Il était question de

relever les différents paramètres dendrométriques. Durant le parcours de l'AAC, les pieds non inventoriés ont également été mesurés et géo-référencés afin d'évaluer la part de la ressource non répertoriée et d'en identifier les causes (figure 7).

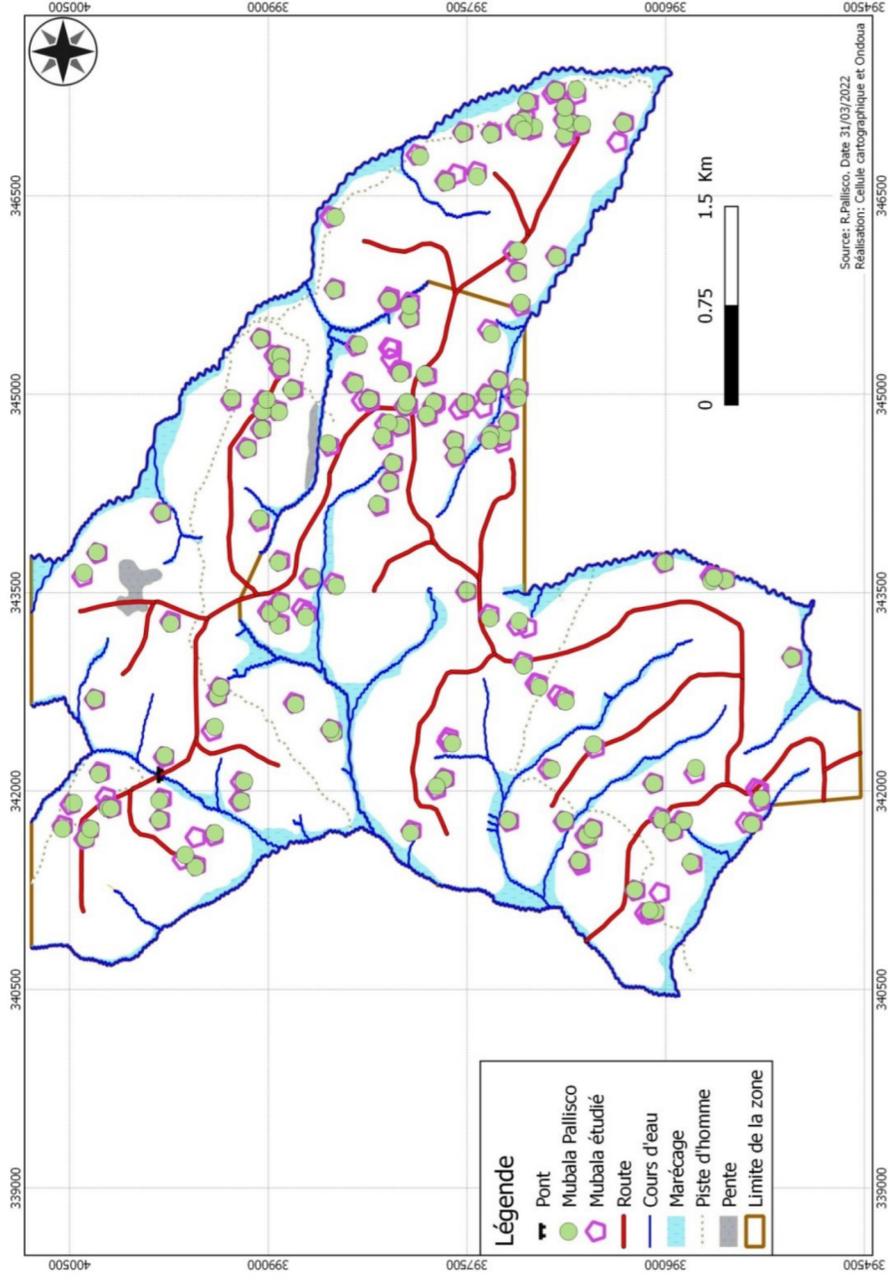


Figure 7. Localisation de l'échantillon de Mubala considéré pour cette étude.

Les données relevées étaient les suivantes :

- Le diamètre de l'arbre : il a été mesuré au DHP (1.30m) ou à 30 cm au-dessus des contreforts dans ce cas il fallait à chaque fois mentionnée la hauteur de mesure. L'instrument de mesure était le ruban dendrométrique.
- La hauteur du fût : elle était prise par le vertex. Pour cela l'opérateur placé à une distance de 30 m du pied de l'arbre effectuait une série de trois visées sur la première branche. La hauteur de l'arbre était alors obtenue en faisant la moyenne des trois visées.
- La hauteur de l'arbre : à l'aide du vertex toujours, elle était obtenue en faisant la même opération, mais en visant la cime de l'arbre.
- Les coordonnées GPS : les coordonnées de chaque arbre ont été relevées par un GPS Garmin 70 cx
- La qualité du fût : à chaque visite de pieds, une qualité a été affectée à l'arbre en se référant sur les normes de classification utilisées par Pallisco (Tableau 2)

Tableau 2. Cotation des arbres sur pieds utilisés par Pallisco.

QUALITE	HAUTEUR	DEFAUTS ACCEPTABLES
A	Plus de 16 mètres de grume exploitable	10 premiers mètres : courbure 1cm, nœud sain, blessure cicatrisée. (Export)
		6m du haut : courbure, méplat, bosse, branche morte, gouttière peu accentuée. (Scierie)
B	Plus de 12 mètres de grume exploitable	6 premiers mètres : courbure, méplat, bosse, branche morte, gouttière peu accentuée. (Export)
		6m du haut : courbure 4cm, nœuds sains ou pourris, blessures ouvertes, grains d'orges, trou, gros gourmand, 2 ou 3 branches vivantes. (Scierie)
C	Au moins 6	6m : courbure 4cm, nœuds sains ou pourris, blessures ouvertes,

	mètres de grume <u>exploitable</u>	grains d'orges, trou, gros gourmand, 2 ou 3 branches vivantes. (Scierie)
D	arbre vivant <u>non</u> <u>exploitable</u>	Arbre de très mauvaise qualité (gros trous, cannelures profondes, fourches basses...).

II.2.2. Mesure des dégâts d'insectes sur les arbres abattus et transportés au Parc.

Objectifs : répondre à la question de recherche QS2. Cette activité a pour but d'évaluer la possibilité d'exploitation pour cette essence.

Echantillonnage : Les faibles rendements en scierie (15%, source Pallisco) ont permis de relever la présence de nombreuses attaques de mulotage de cette espèce (figure 8). Pour cela un stock de 20 billes présentant des attaques d'insectes a été identifié au Parc à grumes.

Afin de déterminer les zones d'attaques de préférence des insectes sur les billes de bois, les données suivantes ont été relevés :

- Numéros DF10 : généralement inscrites sur chaque bille de bois, ils ont été relevé sur la fiche de collecte de données afin de tracer ces informations jusqu'en forêts pour pouvoir retrouver les zones d'abattages de ces pieds.
- Le Diamètre : les diamètres gros bout et petit bout ont été mesuré à chaque fois qu'il y avait présence des trous de verre sur une section, les mesures ont été faites avec le mètre de menuisier.
- La surface : des mesures ont été effectuées à la réglé graduée en centimètre pour déterminer le pourcentage de la surface attaquée.
- Les Distances D1 et D2 ont été également été mesurées entre le centre et les zones d'attaques des mulots au mètre de menuisier.
- D1 : Distance comprise entre le centre du duramen de l'arbre et le trou de verre situé à la périphérie en cm.
- D2 : Distance comprise entre le centre du duramen de la bille et la zone d'attaque non périphérique

Les caractéristiques suivantes ont été relevées sur les arbres mulotés : le diamètre de l'arbre, la zone mulotée (centre ou périphérie), le DF10. Soit S1 la surface exprimée en

pourcentage pour le mulotage localisé au centre de la bille, S2 la surface exprimée en pourcentage pour le mulotage localisé à la périphérie de la bille.



Figure 8. Mulotage (Trou de verre) sur une bille de Mubala

Le calcul du taux de planche présentant du bois pelucheux (zones où la fibre se redresse après rabotage et empêche d'avoir une finition lisse A consisté à déterminer le pourcentage (%) de bois pelucheux sur l'ensemble des planches passées à la raboteuse, Suivant la formule suivante :

$$T = \frac{V_p}{V_{tot}} * 100$$

Avec :

T : pourcentage de bois pelucheux (%)

V_p : volume de planche pelucheux (m³)

V_{tot} : volume total de bois passé à la raboteuse (m³)

II.2.4. Identification des principaux défauts

Objectif : caractériser les différents facteurs environnement ayant une influence sur les défauts de cette espèce à la question de recherche QS3

Données utilisées : il s'agissait de données issues des activités de collecte 2.1 et 2.2. En plus, les défauts suivants ont été relevés et identifiés :

- Troué : il s'agit de trou, parfois non visible mais perceptible par le bruit ;
- Méplat : désigne une section plane observée sur l'arbre ;
- Bosse : c'est des excroissances observées sur les arbres ;
- Branche cassée : il s'agit visiblement des volis observés sur certains arbres ;
- Branche basse : c'est des proliférations observées sur les cinq premiers mètres du fut de l'arbre ;
- Fût cannelée : fût donc la section n'est pas circulaire ;
- Gourmand : ce sont des rejets de croissance observés sur le fut de l'arbre ;
- Coute bille : fût sans défaut mais donc la longueur influence sa classification. Ces bois ne peuvent appartenir à la qualité A à cause de la longueur du fut qui est inférieur à 6 mètres.

Méthodologie : Pour quantifier les principaux défauts observés sur les pieds de Mubala, Une base de données a été conçue via Excel puis les données ont été traitées à l'aide de R Studio. Les facteurs dendrométriques ou environnementales étaient considérés comme des variables explicatives, et la présence des défauts comme la variable à expliquer.

II.2.5. Évaluation de la possibilité d'exploitation du Mubala

Objectif : déterminer le coefficient d'exploitation du Mubala. Répondre à la question de recherche QS2

Données utilisées : il s'agissait des donnée issues de l'activité de collecte 2.1.

Méthodologie : Les pieds exploitables sont ceux qui sont situés en dehors de la bande des 30 mètres des marécages et des cours d'eaux, et appartenant aux qualités B et C. Les effectifs de qualité D étant généralement exclus de l'exploitation. Le DME/ADM du Mubala est de 50 cm. A Pallisco, seuls les pieds ayant un diamètre supérieur ou égal à 80 cm (DMA) sont comptés dans le cadre de l'inventaire d'exploitation. Le coefficient d'exploitation est assimilable ici à la faisabilité étant entendu que cette essence n'est pas régulièrement exploitée. Il dépend des fluctuations du marché vis-à-vis de l'espèce, et de la vision du chef

d'entreprise. Le coefficient d'exploitation (C) est le rapport entre les arbres exploitables donc le diamètre est supérieur au DMA sur l'ensemble des arbres donc le diamètre est supérieur au DMA. Il est donné par la formule suivante :

$$C = Ne/N_{tot} \times 100$$

Avec Ne le nombre d'arbres exploitables donc le diamètre est $\geq DMA$ selon les critères de l'entreprise et Ntot le nombre d'arbres disponibles de diamètre $\geq DMA$.

Le taux de reconstitution (% Re) a été calculé à partir de la formule de Durrieu *et al.* (1997) suivante :

$$\% Re = [N_0(1-\Delta)](1-\delta)^T/N_p \times 100$$

Avec :

%Re : Pourcentage de reconstitution du nombre exploités et non le volume qui est une estimation ;

Δ : Dégâts de l'exploitation évalués à 7% du peuplement résiduel ;

δ : Taux de mortalité annuelle fixé à 1% par les fiches techniques du MINFOF ;

T: Rotation fixée à un minimum de 30 ans :

N_p : Effectif total initialement exploitable par essence ;

N_0 : Effectif de quelques classes de diamètre immédiatement en dessous du DME et qui passent au-dessus du DME après la rotation. Cet effectif est calculé à partir de la borne inférieure de la dernière classe à récupérer qui s'obtient par la formule suivante :

$$D_{bi} = DME - (T \cdot AAM)$$

Avec DMEadm : Diamètre minimum d'exploitabilité – AAM : Accroissement Annuel Moyen

II.2.6. Influence des facteurs environnementaux sur la qualité des arbres

Objectif : qualifier les différents facteurs environnementaux influençant la qualité des arbres .répondre à la question de recherche QS3

Données utilisées : outre les données issues de l'activité 2.1 , les données suivantes ont été relevées :

- Le statut de l'arbre : les arbres visités se sont vus attribués le statut de soit Dominant, soit Co-dominant, soit Dominé.
- Le type de formation : l'ensemble des pieds visités se trouvent dans une forêt de type sempervirente semi caducifoliée.
- La distance au cours d'eau : elle a été mesurée par les données GPS.
- La structure et la texture du sol : A chaque sondage, le test à la boule pétrit a été réalisé pour déterminer la texture et la structure du sol.
- La pente : la pente était prise en effectuant une visée inverse en fixant le capteur du vertex sur un arbre à une hauteur de 1.30 m du sol, la distance au sol étant toujours de 30m. Procéder à une série de trois visées et faire la moyenne.
- L'altitude : elle est donnée par le GPS ;
- La profondeur du sol : pour chaque pied visité il fallait effectuer un sondage du sol à une distance de 5 mètres du pied de chaque arbre visité. Le sondage a été effectué à la bêche sur une profondeur de 40 centimètres. Il fallait caractériser les différentes couches (litière, humus, zone d'altération de la roche mère) de l'horizon A (figure 5).
- La présence des termites : elle a été relevé sur chaque sondage de la profondeur de l'horizon A du sol, où leur présence étaient visibles.



Figure 9. Sondage de la profondeur de l'horizon A

L'analyse a été effectuée sur le jeu de données `bd_mub.csv` via le logiciel R studio ainsi que les packages suivants : « `dplyr` », « `questionr` », « `rstatix` », « `nnet` », « `GGally` », « `broom.helpers` », « `effects` », « `car` », « `gtsummary` ». Sur le total de 160 pieds inventoriés, 15 présentaient des données manquantes et ont donc été écartés de l'analyse.

Les analyses ont été effectuées via régression logistique binaire. Le modèle initial avec l'ensemble des variables est présenté. Un modèle dit réduit est également proposé. Ce modèle est obtenu en sélectionnant les variables pas à pas avec la méthode mixte (ascendante-descendante), le critère d'optimisation étant l'AIC (*Akaike Information Criteria*). Cette optimisation permet de limiter « l'overfitting » du modèle afin d'augmenter le taux de prédiction sur un jeu de données indépendant.

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1. Principaux défauts observés et identification des piqures d'insectes sur le Mubala.

IV.1.1. Evaluation de la ressource forestière des poches 1 et 2 de l'Assiette Annuelle de Coupe 4-3 de l'UFA 10 044

Il est à noter que le premier critère de classification des arbres se base sur les normes repris par le tableau 2 et sont utilisées par l'entreprise Pallisco. Le tableau 3 reprend le classement des pieds étudiés en fonction de leur qualité.

Tableau 3. Effectif de la ressource oubliée en forêt.

Qualités	Effectifs inventoriés.	Effectifs non inventoriés.	Total	% non inventoriés,
B	6	1	7	0,01
C	110	19	129	0,12
D	18	6	24	0,15
Total	134	26	160	0,16

Aucun arbre de *P. macrophylla* a été observé pour la qualité A. En effet, aucune tige observée ne présentait une hauteur supérieure à 16m, critère nécessaire pour l'attribution de la qualité A. Durant les inventaires, un total de 160 pieds a été visité, dont 134 étaient consignés dans les inventaires d'exploitation.

Le pourcentage d'arbres oubliés en forêt était de l'ordre de 16%, avec un pourcentage de 13% de proportion d'arbres exploitables (arbres de qualité B et C). Ce qui laisse présager une possible sous-estimation de la ressource exploitable. Pourtant ces pieds non répertoriés, sont placés non loin des layons de comptages. Cette essence n'étant pas traditionnellement exploitée, il semble que les prospecteurs ne soient pas habitués à son identification. En effet, au niveau de la prospection, deux cas de figure peuvent se présenter : oubli lors de la prospection ou non prise en compte alors que l'arbre est aperçu par le prospecteur mais qu'il existe une erreur d'identification, une qualité jugée mauvaise ou un diamètre jugé trop petit. Il est probable que c'est à ce deuxième niveau que la plus grande part des oublis ait lieu. Cette situation n'est en elle-même pas inquiétante puisque, dans l'optique d'une gestion durable,

ces arbres laissés sur pied pourront être récoltés à la rotation suivante et (Durrieu *et al.*, 1998).

La figure 10 donne une répartition de la population étudiée par classe de diamètre.

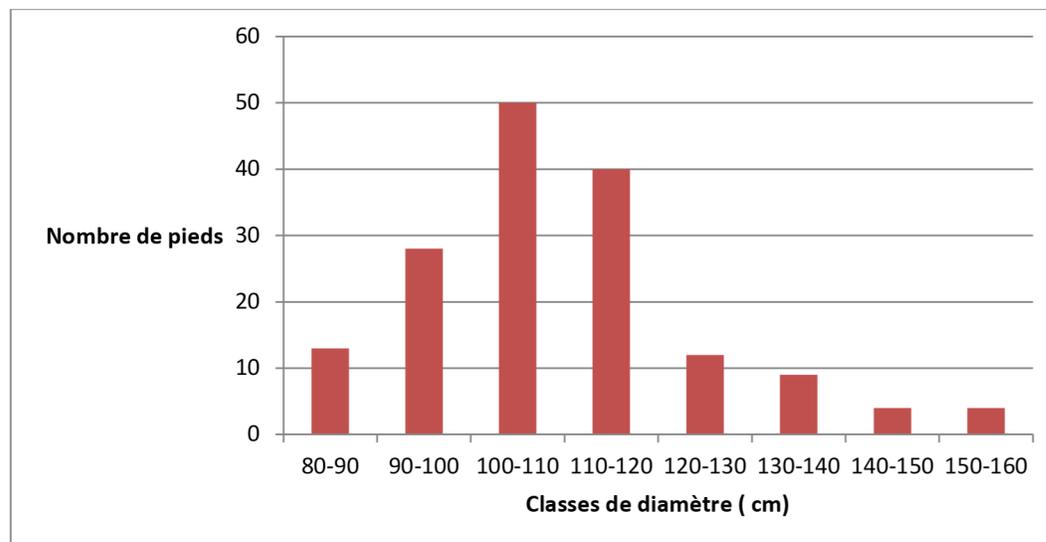


Figure 10. Effectif des arbres visités par classe de diamètre

La structure de la population de Mubala étudiée indique probablement la présence des tiges d'avenir, mais il y a également un pique dans les classes de diamètre supérieur. Une telle structure peut être le reflet de la variabilité des paramètres démographiques de l'espèce au cours du temps (croissance mortalité). (Doucet, 2007) Toute fois, il convient de noter que cette structure peut varier en fonction du type d'habitat et de l'espèce.

Les principaux défauts observés

Le tableau 4 reprend l'ensemble des défauts observés par qualité.

Tableau 4. Présentation des défauts observés sur les arbres étudiés

Qualités	Branches					Branches
	pourries	Gourmand	Cannelés	Bosses	Trouée	basses
B	0	0	0	0	0	0
C	5	16	13	3	7	26
D	0	1	1	0	15	4

Nous observons que, La plupart des défauts enregistrés sur cette essence se retrouvent en qualité C, notamment 70 arbres sur 160, soit environ 43.75% de l'effectif des arbres étudiés. La classe D présente 13% des défauts enregistrés. Il paraît judicieux de préciser que les défauts de la classe C ne sont pas rédhibitoires à l'exploitation, contrairement à ceux de la classe D qui ne sont pas acceptés en exploitation. Ceci corrobore bien avec nos observations faites sur le terrain, le Mubala présente plusieurs défauts avec en tête la prolifération des branches basses. La figure 7 présente le pourcentage d'arbre par défaut.

La figure 11 présente la proportion des défauts

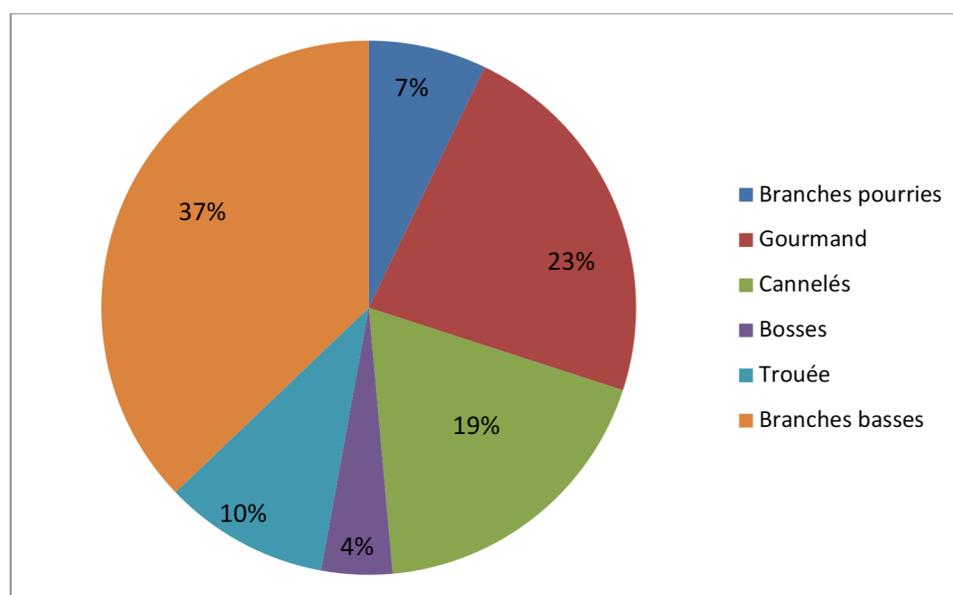


Figure 11. Proportion des défauts des arbres de qualité C

Certains arbres troués se retrouvent en qualité C, ces défauts bien que présents n'ont pas une influence sur l'exploitabilité des grumes d'où leur présence en C au lieu de la qualité D. La classe C a 43,75% de défauts qui ne sont pas rédhibitoire pour cette classe contrairement aux arbres de la classe D qui ne sont pas exploitables. Il faut également souligner que les arbres de la classe C sont en principe des arbres issus du déclassement de la qualité B qui restent exploitables. La figure 11 montre que le défaut branches basses est le plus représentatif (37%), il est rédhibitoire pour la classe B, mais reste sans influence pour la classe C. Car ces arbres sont exploitables. Cependant, 7 arbres pourtant troués sont en qualité C, donc exploitables, ce qui paraît étonnant. Cela signifie qu'il peut y avoir des arbres troués mais exploitables. C'est le cas des arbres troués partiellement au niveau de la base du sol. Les prospecteurs estiment que ces derniers peuvent produire au moins 12 mètres de billes après

étêtage. Il est donc important pour le concessionnaire d'être renseigné sur ces différents défauts pour pouvoir prédire le volume de bois à prélever en tenant compte de l'impact de ces défaut sur l'exploitabilité des grumes.

4.1.2. Mesure des dégâts d'insectes sur les arbres abattus et transportés au Parc.

La figure 12 indique que 55% des attaques ont lieu vers la périphérie de la section de l'arbre. Ce qui est contraire au résultat avancé par Fougerousse (1953) qui a montré que les attaques d'insectes sur le *Terminalia superba* sont plutôt localisées au centre de la bille. Cette observation pourrait changer en fonction des espèces.

La figure 12 présente les zones d'attaques.

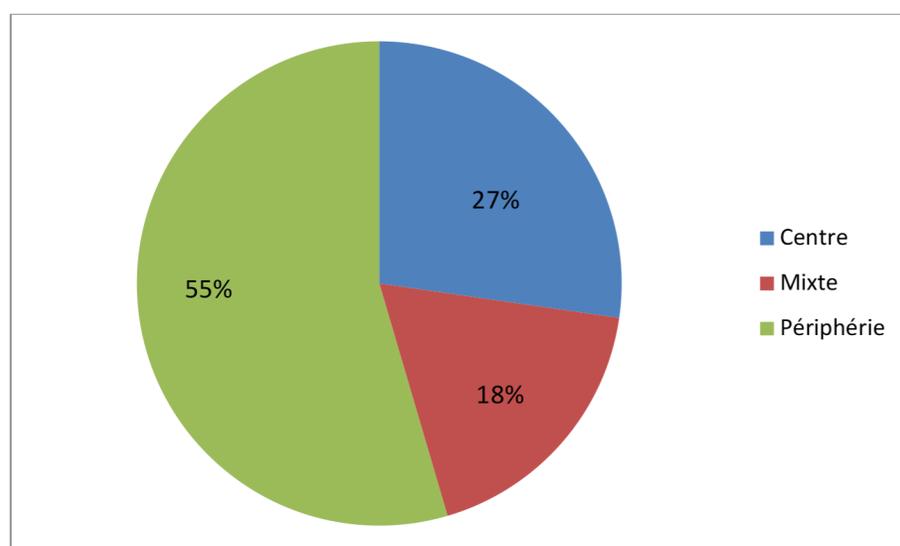


Figure 12. Répartition des zones de Mulotage

La figure 12 indique que 55% des attaques ont lieu vers la périphérie de la section de l'arbre. Ce qui est contraire au résultat avancé par Fougerousse (1953) qui a montré que les attaques d'insectes sur le *Terminalia superba* sont plutôt localisées au centre de la bille. Cette observation pourrait changer en fonction des espèces et probablement du type de perturbation subit par la forêt.

L'observation des souches d'arbres abattus en 2017 a permis de remarquer que sur une vingtaine d'arbres étêtés, 14 font l'objet d'attaques sur la partie supérieure, soit environ 70%, il faut également noter que ces attaques de piqures d'insectes se déroulent sur les arbres sur pieds, bien qu'il soit extrêmement difficile d'en apercevoir. La profondeur de ces trous est

suffisamment longue, elle peut s'étendre sur plusieurs mètres dans le sens de la longueur de la bille.

Fougerousse (1953) affirme que l'exposition brutale des arbres à l'ensoleillement par suite de l'ouverture de route forestière rend ces derniers vulnérables aux piqûres d'insectes. Cela semble être le cas des Mubala de l'UFA 10 044. Cette concession a subi une exploitation assez récente avant l'avènement du concept d'aménagement (Nature + asbl), celle-ci est matérialisée sur le terrain par la présence d'anciennes routes et pistes de débardage. La densité assez importante de la population de Mubala dans cette AAC pourrait également expliquer cette vulnérabilité.

IV.2. Les possibilités d'exploitation pour cette essence

IV.2.1. Évaluation du coefficient d'exploitation du Mubala

La structure diamétrique de la population étudiée indique que le *Pentaclethra macrophylla* Benth pourrait avoir une bonne régénération. Cette information reste à confirmer car pour l'étude, les densités des tiges de DHP inférieur à 80 cm n'étaient pas concernées. Les résultats de l'inventaire d'aménagement réalisée en 2003 précise que la densité des pieds supérieure au DME (50 cm) est de 1.906 / ha. Par contre la densité des pieds inventoriés dont le diamètre est supérieur au DMA est de 0,063/ha.

Le Tableau 5 reprend la densité des arbres étudiés par classe de diamètre.

Tableau 5. Effectif des arbres visités par classe de diamètre toute qualité confondue.

Classes de Diamètres	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150	150-160
Nombre de pieds	13	28	50	40	12	9	4	4

Les essences pouvant faire l'objet d'une exploitation par l'entreprise sont celles des classes B et C. 136 arbres devraient être concernés. Il est prudent de noter que la politique d'exploitation des essences est définie par le chef de site, en fonction des fluctuations du marché, des commandes et du potentiel en forêt. Dans le cadre de cette étude le Mubala n'est exploité qu'à titre expérimental, c'est pour cela qu'il convient de parler de possibilité d'exploitation en lieu et place du coefficient d'exploitation.

Le Mubala est inventorié au DME/AME fixé à 80 cm de diamètre dans les concessions de Pallisco. La structure des arbres exploitables supérieur ou égale au DMA commence à partir de la classe de diamètre [80-90]. Les normes d'inventaires en milieux forestier en vigueur au Cameroun excluent de l'exploitation les arbres placés dans la bande des 30 mètres des rives de cours d'eaux et des zones marécageuses (zone de conservation). Il est donc prudent de retirer tous les arbres compris dans cette zone. Pour cela il suffit de déterminer la distance au cours d'eaux de chaque pied d'arbres appartenant aux qualités B et C au moyen de méthodes cartographiques. Le nombre d'arbre exclu de l'exploitation serait de 34. Visiblement 126 arbres seraient donc concernés par l'exploitation.

Le coefficient d'exploitation ou mieux la possibilité d'exploitation qui est le rapport du nombre de pieds exploitable donc le diamètre est supérieur au DMA sur l'ensemble des arbres donc le diamètre est supérieur au DMA. Pour cette essence il est de 78.75%, le taux de reconstitution de cette essence calculé lors de l'inventaire d'aménagement au DME de 50 cm, un accroissement diamétrique de 0.5 mm /an est de 46% pour une rotation, en considérant le taux de mortalité annuel et de dégâts dû à l'exploitation étant respectivement de 1% et 7% (Madron *et al.*, 1997). Ce taux étant inférieur à 50%, il faudra ramener le coefficient d'exploitation à 45% comme proposé dans le plan d'aménagement. Ceci permettra d'atteindre un taux de reconstitution de l'ordre de 100%. Il est possible que la classe C soit peu rentable à l'exploitation, malgré le fait que les arbres de cette classe soient exploitables car les volumes pourraient être faibles. Il apparait aussi qu'exploiter 45% des pieds supérieur à 80 cm de diamètre signifie : $0.45 \times 7 = 3.15\%$ des effectif de la classe B, et $0.45 \times 126 = 57.7$. Compte tenu du fait que l'entreprise exploite en priorité les meilleures qualités B et C. Les proportions de ces qualités vont donc diminuer.

Il est important pour Pallisco d'intégrer cette espèce dans son programme de recherche et de reboisement, car c'est un PFNL qui intéresse bien les populations locales. Ceci au cas où cette essences deviendrait prioritaire pour l'entreprise. Il est également nécessaire de procéder à une domestication de cette espèce dans le but de l'utiliser dans les systèmes agroforestiers comme composante sylvicole : étant une Fabaceae, l'espèce est un bio fertilisant qui fixe l'azote et contribue ainsi à un bon rendement agricole. Cette utilisation du Mubala serait une forme de conservation "ex situ" de son potentiel génétique.

IV.3. Différents Facteurs environnementaux pouvant influencer la qualité des arbres de Mubala

Analyse des facteurs environnementaux/dendrométriques sur la présence du défaut : « branche basse »

Le tableau 6 présente le résultat de cette analyse

Il est préférable de présenter juste les odds ratio du modèle réduit qui semble être le modèle prédictif le plus abouti. Le modèle initiale ne sera pas présenté.

Tableau 6. Odds ratio modèle réduit

Valeurs explicatives	OR	P value
Intercept	0,40241	0,05568
Termites	4,37661	0,08396
Pentes	0,947	0,17

Significativité statistique aux risques : *** 0.001 : ** 0.01 : * 0.05 : · 0.1

Suivant ce modèle, nous avons 4.37 fois plus de chance d'avoir les branches basses quand il y a la présence des termites (OR=4.37). La classe de diamètre (90-100) a une tendance significative sur la présence du défaut branche basse, car nous avons une p-valeur de $0.0293 \leq 0.05$ (seuil de signification du test).

Ces résultats peuvent permettre à l'entreprise de mieux planifier son exploitation en prédisant par exemple la baisse des volumes de bois à un moment de l'exploitation et de prévenir ses consommateurs. Il apparait avec netteté que les arbres de la classe de diamètre [90, 100[semblent être vulnérable à la présence du défaut branche basse.

Il apparait également que la présence des termites a une influence significative sur la présence du défaut branche basse. La présence des termites lors des sondages de la profondeur de l'horizon A, laisse présager une activité discrète non négligeable de ces micro-organismes. Vincent (2016) précise l'importance de leur activité qui contribue à la formation de la structure agrégée de cette horizon (Jungerius *et al.*, 1999 ; Reatto *et al.*, 2009). Cette activité pourra avoir une influence sur le type de végétation existante.

Analyse des facteurs environnementaux/dendrométriques sur la présence des contreforts. Le tableau 7 reprend les résultats de cette analyse

Tableau 7. Odds ratio modèle réduit pour contrefort

Valeurs explicatives	OR	P value
Intercept	1,9800 e-05	0,0282*
Prof	1,3003 e+00	0,07796
dist quant	9,9130 e -1	0,16693

Significativité statistique aux risques : *** 0.001 : ** 0.01 : * 0.05 : · 0.1

Le tableau 7 montre que la profondeur de l'horizon A du sol a une influence significative sur la présence des contreforts. Nous avons 1.3 fois la chance d'avoir des arbres avec des contreforts lorsque la profondeur de l'horizon A du sol augmente.

Afin d'améliorer la planification de son exploitation, la société Pallisco peut se servir de cette information pour mieux définir ses contrats en prédisant le volume de bois attendu à une période de son exploitation. Notamment à l'approche des zones où la profondeur du sol est importante qui sont généralement les bas-fonds pour augmenter la chance d'avoir les arbres sans contrefort.

Analyse des facteurs environnementaux/dendrométriques sur la présence du défaut : Branches cassées

Le tableau 8 présente le résultat de cette analyse

Tableau 8. Odds ratio du modèle réduit pour branche cassées

Valeurs explicatives	OR	Pv
Intercept	1,6684 e-04	0,002825**
Prof	1,1881 e+00	0,04192*

Significativité statistique aux risques : *** 0.001 : ** 0.01 : * 0.05 : · 0.1

Le tableau 8 nous indique nous avons 1.188 fois la chance d’avoir les arbres avec des branches cassées lorsque la profondeur de l’Horizon A augmente. Suivant le modèle réduit la profondeur de l’horizon A a une influence significative au seuil de confiance de 0.05 ($p=0.196$) sur la présence du défaut branche cassée.

Le sondage de l’horizon A du sol a permis d’observer que la majeure partie des racines sont concentrés au niveau des 30 premiers centimètres de la zone d’altération de la roche mère (Nepstad et al, 1994). Ceci est cohérent avec les observations faite par Vincent F(2016) qui précise que : les plateaux aux altitudes les plus élevées (820-780) sont dominés par des plintosols, des sols résistants à l’érosion caractérisés dans la zone par un horizon nodulaire riche en gravier de cuirasse proche de la surface du sol. Cet horizon nodulaire a été observé par Collin- bellier (2007) à 25 cm de profondeur dans un profile réalisée dans l’UFA 10 044.

- **Analyse des facteurs environnementaux/dendrométriques sur la présence des défauts : Branches pourrie, Gourmand, cannelé**

Aucun effet significatif identifié dans les deux modèles

- **Analyse des facteurs environnementaux/dendrométriques sur la présence du défaut : Trou**

Le tableau 9 présente les résultats de cette analyse

Tableau 9. Odds ration du modèle réduit pour le défaut trou

Valeur explicative s	OR	Pv
Intercept	3,6375 e -10	0,01673*
Pente	1,1018 e+00	0,02024*
Altitude	1,0252 e+00	0,03608*

Significativité statistique aux risques : *** 0.001 : ** 0.01 : * 0.05 : · 0.1

Le tableau 9 nous indique que nous avons respectivement 1.101, 1.025 fois la chance d’avoir les arbres troués (qualité des grumes) lorsque la pente et l’altitude augmentent. Plus la pente augmente, plus la chance d’avoir un arbre creux augmente. A chaque ajout d’une unité,

les chances d'avoir des arbres creux sont multipliées. Ces valeurs induites augmentent la probabilité de l'absence de défauts.

Cependant ici l'intercept est significatif et donc différent de 0. Cela signifie que si la pente et l'altitude sont égales à 0, on a $3.63e-10$ chance d'avoir le défaut, Soit aucune chance. Donc ajouter une unité d'altitude ou de pente multiplie de 1.025 et 1.101 par rapport à la situation 0.

De cette analyse, il en ressort que la pente et l'altitude ont une influence significative sur la présence du défaut trou. Par conséquent la zone plane semble être la niche écologique de préférence pour cette essence.

- **Analyse des facteurs environnementaux/dendrométriques sur l'exploitabilité des grumes (absence de défauts déclassant)**

Cette catégorie reprend l'ensemble des grumes ne possédant aucuns défauts à l'exception de « Courte bille ». En effet ce défaut étant tantôt considéré comme déclassant le bois en D et à la fois en déclassant le bois en C, sa signification n'est pas interprétable. Il a donc été choisi d'éliminer ce défaut. Dans cette catégorie il y a une répartition de 7 individus B, 30 individus C et 2 individus D.

Tableau 10 : synthèse du modèle réduit.

Tableau 10. Odds ration du modèle réduit pour absence de défaut déclassant

Valeurs explicatives	OR	Pv
Intercept	5,0640 e+13	0,00035***
Prof	9,0871 e-1	0,014*
Altitude	9,6016 e -1	0,0005206***

Significativité statistique aux risques : *** 0.001 : ** 0.01 : * 0.05 : · 0.1

Le tableau 10 indique que nous avons 0.9087 fois la chance d'avoir de courte bille lorsque la profondeur de l'horizon A diminue. De même nous avons 0.9601 la chance d'avoir de courte bille lorsque l'altitude diminue. Cela signifie que, les chances d'avoir un arbre sans

défauts diminue avec l'augmentation de la pente et de l'altitude. Les arbres à basse altitude avec une faible profondeur de l'horizon A du sol ont plus de chance d'être sans défaut que les arbres à haute altitude et avec une profondeur de l'horizon A importante.

La courte bille n'est pas un défaut dans ce cas, mais constitue un indice pour déclasser la qualité C.

La figure 13 présente la probabilité d'avoir les défauts en fonction de l'altitude et de la profondeur.

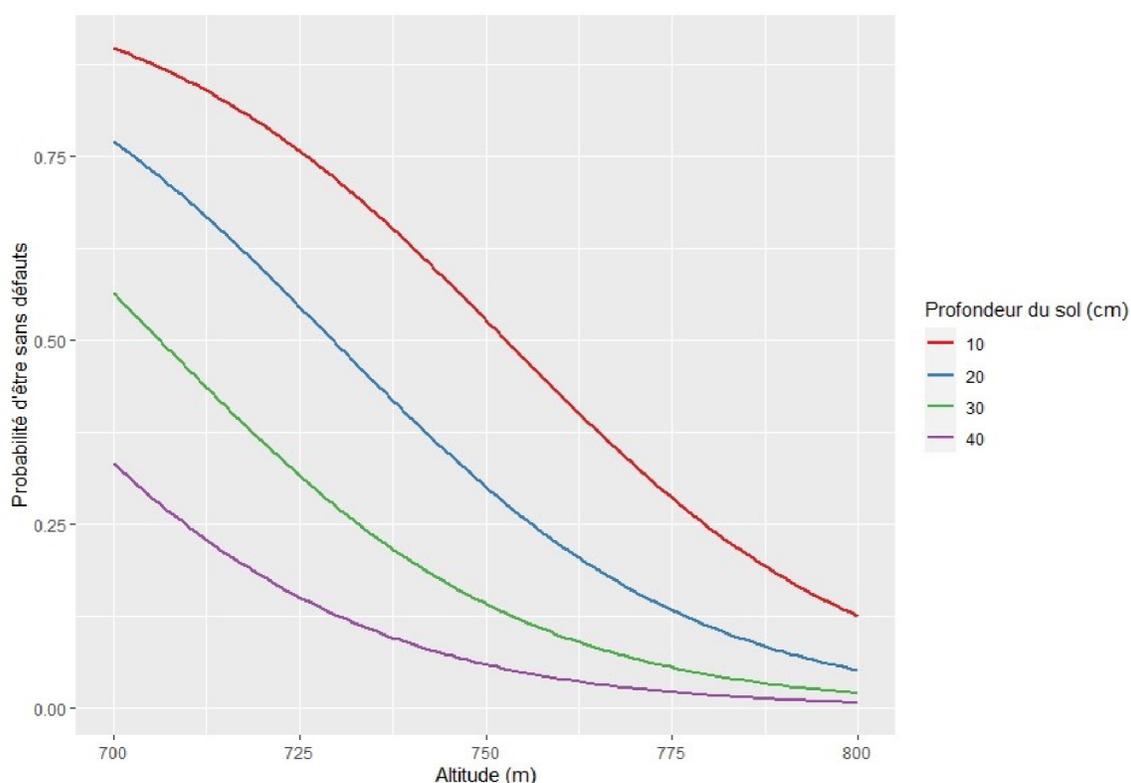


Figure 13. Probabilité sans défaut en fonction de la profondeur de l'horizon A du sol et de l'altitude

Le graphe ci-dessus nous montre que à 700 m d'altitude et une profondeur de 30 cm, on a environ +/- 55% chance d'avoir un arbre sans défaut. Parmi les 31 arbres considérés comme sans défauts pour l'analyse : 7 étaient de la qualité B, 22 de la qualité C et 2 de la qualité D.

Le tableau 11 donne les probabilités de chance d'avoir les arbres sans défauts.

Tableau 11. Probabilités de chance d’avoir les arbres sans défauts

Qualité	Eff	Prob (%)
B	7	23
C	22	71
D	2	6

Suivant le tableau 11, nous avons 33% de chance d’avoir des arbres avec défaut dans ces conditions. Les 39% de la classe C sont sans conséquence pour l’exploitation.

N’est-ce pas contradictoire avec les commentaires de tableaux présentés plus haut ?

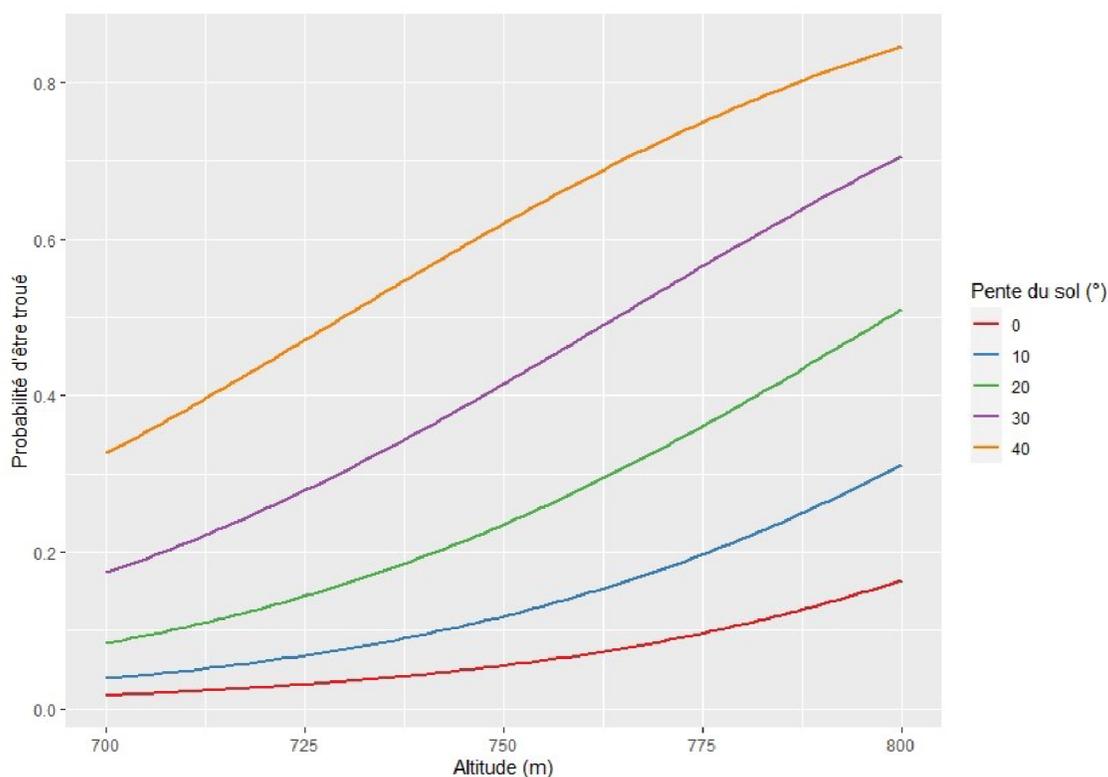


Figure 14. Probabilité d’être troué

La courbe de régression logistique ci-dessus nous permet de déterminer la probabilité d’avoir des arbres troués. En effet, à une altitude de 700 mètres, et 40° de pente nous avons environ +/- 0.32% de chance d’avoir un arbre sans creux. Parmi les 31 arbres considérés comme sans défauts pour cette analyse, 7 étaient de qualité B, 22 en qualité C et 2 en qualité D.

Le tableau 12 reprend les probabilités d'avoir les arbres troués.

Tableau 12. Probabilités d'avoir les arbres troués.

Qualité	Eff	%	Prob(%)
B	7	23	7
C	22	71	23
D	2	6	19

La probabilité d'avoir un arbre troué de classe C est de 23% ce qui est sans préjudice pour l'exploitation.

Pour améliorer l'exploitation, on peut réduire le prélèvement dans les zones à forte altitude tout en sachant que ce défaut n'affecte pas en réalité la matière bois, mais permet tout au moins de les déclasser au regard des normes d'exploitation utilisée à Pallisco.

Au sortir de l'analyse des différents facteurs environnementaux pouvant influencer la qualité des billes de cette essence, il est à retenir que la pente, la profondeur du sol, l'altitude et la présence des termites influencent significativement la qualité des arbres. Dans une perspective de certification et de respect de l'environnement, l'entreprise peut capitaliser ses résultats à travers une exploitation à impact réduite. Pour améliorer l'exploitabilité de cette espèce on pourra lors de la planification des opérations et des contrats grâce aux informations sur les exigences écologiques de l'espèce avoir des renseignements sur la proportion d'arbres de qualité dans le peuplement et pouvoir prendre des décisions pour l'avenir. Par exemple il est possible de dire que pour les prochains mois il va très difficile de sortir des arbres de qualité car ce sont des zones de plus haute altitude et les arbres inventoriés se trouvent tous dans de forte pente. Les chances d'avoir des arbres de qualité sont ainsi réduites. Toutefois, l'exploitation reste envisageable dans ces zones malgré la chance élevée d'avoir des arbres avec des défauts. Il s'agit des probabilités et certains pieds peuvent être de très bonne qualité dans les zones où les risques sont élevés. Au sortir de cette analyse, l'espèce semble mieux s'adapter sur des zones de faible pente et de faibles altitudes qui sont généralement des plaines.

Le Mubala est une espèce semi héliophile à crypto pionnière dont les plantules se développent de façon optimale dans des conditions de forte luminosité et donc les arbres survivent sous ombrage. Elle semble s'adapter au niveau des altitudes allant jusqu'à 500 mètres, bien que la croissance peut être bonne à des altitudes plus élevées, lorsque la

pluviométrie est adéquate et les températures inférieure à 18°C (Oboh, 2007). (Mouamfon *et al.*, 2015) précise que les pieds de Mubala sont présents dans toutes les classes de diamètre jusqu'à la classe [110-120[sans distinction de type d'habitats. Par contre dans les classes [120-130[et [130-140[, les pieds représentés appartiennent aux forêts secondaire jeune et forêt secondaire âgées. Cette précision est relativement proche des résultats enregistrés au cours de cette étude. Car si l'on considère l'exploitation qui a eu lieu dans cette UFA avant, il est possible que certaines espèces parmi lesquelles le Mubala soient capable de s'installer dans le sous-bois, d'y subsister plus ou moins longtemps, voire d'y grandir plus ou moins rapidement. Elles ont dû profiter de l'ouverture du couvert pour accélérer leur croissance (Doucet, 2003). La présence de cette espèce ici serait liée à une activité anthropique ancestrale ou paléoclimatique au cours des perturbations récentes.

Le Mubala est une espèce végétale des forêts secondaires des régions tropicales comme l'indiquent les travaux de Oboh (2007) et Gwamashi (2009). Il est à noter aussi que la présence significative du Mubala dans cette UFA serait due à la présence des Baka qui sont fortement rattachés à leur tradition. Ils conservent l'espèce dans ces milieux pour des pratiques socioculturelles (Madeng, 2009).

CHAPITRE IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

IV.1. Conclusion

La présente étude avait pour objectif général de contribuer à la gestion durable des ressources forestières au Cameroun, et plus particulièrement de sa ressource ligneuse en général, et donc de *Pentaclethra macrophylla* Benth en particulier. Il en ressort que le Mubala présente plusieurs défauts, notamment les branches cassées, les contreforts, des branches basses, des fûts troués, des gourmands et des courtes billes. A cela s'ajoutent les attaques de larves d'insectes (mulotage ou trou de vers) qui ont également été identifiées sur cette essence et notamment sur des arbres sur pieds. Les résultats révèlent que le mode d'exploitation pourra assurer la rentabilité économique à l'entreprise. Les différents facteurs environnementaux pouvant influencer la qualité des tiges de cette essence ont été identifiées, à savoir ; le diamètre de l'arbre, la pente, la profondeur du sol, la présence des termites et l'altitude. L'analyse statistique de ces facteurs à travers la régression logistique a permis de dégager les seuils de significations de ces facteurs sur la qualité des arbres.

En somme afin de contribuer à l'aménagement forestier à travers la mise à disposition de nouvelles essences sur le marché, pour soulager celles dites commerciale. Les résultats de cette étude peuvent être capitalisés pour améliorer la planification de l'exploitation. Au final, la pente, l'altitude et la profondeur de l'horizon A du sol apparaissent déterminant dans la prévision des volumes à prélever et lors de la négociation des contrats. Ceci pour augmenter l'exploitabilité des grumes de bonne qualité. Par contre, valoriser une essence n'est qu'une étape, car la mise sur le marché d'une nouvelle essence nécessite un effort de sensibilisation et d'information sur les différents usages qu'offre cette essence.

IV.2. Recommandations

A l'issue de cette étude, pour améliorer l'exploitabilité des grumes. Il serait judicieux de prêter attention aux aspects suivants :

- Etendre cette étude sur d'autres essences pour éviter l'abattage d'arbres de mauvaises qualités. Ce qui réduirait considérablement les dégâts sur le peuplement résiduel, et même l'ouverture des routes.
- Intégrer le *Pentaclethra macrophylla* Benth dans le programme de recherche et de reboisement des arbres prioritaire de la Pallisco.
- Afin de garantir une exploitation durable, les paramètres démographiques (accroissement, taux de mortalité et recrutement) devront être vérifiés.

- Attirer l'attention des équipes d'inventaires d'exploitation sur l'oubli des pieds en forêt, qui sous-estime considérablement le potentiel exploitable.
- Il est proposé à l'entreprise de tenir en compte les différents facteurs environnementaux/dendrométriques ayant une influence significative sur la présence des défauts afin de mieux prédire le volume de bois exploitable.

BIBLIOGRAPHIE :

Aubreville, A., (1959). La flore forestière de la cote d'Ivoire. Deuxième édition révisée. 371 p

ABDOU Rahamanou., HABIBOU Mahamat., VASSEUR Frédéric., GUIBAL Daniel., GERARD Jean., 2016. Valorisation et promotion des essences forestières camerounaises peu ou non utilisées. Groupement De Recherche Sciences du Bois (GDR 3544) - 5èmes Journées Scientifiques 8 au 10 novembre 2016 – Bordeaux. 7p

Achille Bernard Biwolé., Dakis-Yaoba Ouédraogo ., Jean Lagarde Betti., Nicolas Picard., Vivien Rossi., Sébastien Delion ., Paul Lagoute., Sylvie Gourlet-Fleury.,Philippe Lejeune., Jean-Louis Doucet ., (2019) .Dynamique des populations d'azobé, *Lophira alata* Banks ex C. F. Gaertn., et implications pour sa gestion durable au Cameroun. 14 p

Alain Karsenty ., Prudence Fournier., (2008) . Etat défaillant, le secteur forestier en Afrique centrale 56 p

Ambara Joseph(2009) .Evaluation de la productivité des parcelles de *Péricopsis elata* et test de validité des tarifs de cubage des unités forestières d'aménagement 10 021 et 10001. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur des eaux, forêts et chasses. 91p.

ATIBT (2016). Rapport d'activités. 60 p

ATIBT (2016). Nomenclature générale des bois tropicaux septième édition Français/ Anglais.

ATIBT, 2016. Nomenclature générale des bois tropicaux, Nogent-sur-Marne, 152.

Benoit J., 1997. Le bois de tension (bois pelucheux) *Biotechnol. Agro.soc.environ* 1(2), 100-112.

Bérenger Tchatchou., Denis J. Sonwa., Suspense Ifo., Anne Marie Tiani.,(2015). Déforestation et dégradation des forêts dans le Bassin du Congo : État des lieux, causes actuelles et perspectives. 60 p.

Bernard RIÉRA.,(1995). Rôle des perturbations actuelles et passées dans la dynamique et la mosaïque forestière. *Rev. Ecot. (Terre Vie)*, vol. 50, 1995.14 p

Christian Fargeot Éric Forni Robert Nasi., (2004) Réflexion sur l'aménagement des forêts de production dans le bassin du Congo. BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES, 2004, N° 281 (3). 16p.

De Wasseige C., De Marcken P., Bayol N., Hiol Hiol F., Mayaux P., Desclée B., Nasi R., Billand A., Defourny P. & Eba'a R., 2010. Les forêts du Bassin du Congo : état des forêts 2010, 274.

De Wasseige C., Flynn J. & Louppe D., 2013. Les forêts du bassin du Congo : état des forêts 2013, Weyrich

De Wasseige C., Tadoum M., Eba'a Atyi R. & Doumenge C., 2015. Les forêts du Bassin du Congo - Forêts et changements climatiques, 128.

De Wasseige C., Flynn J., Louppe D., Hiol Hiol., (2013) .les forêts du Bassin du Congo-Etat des forêts. 328 p

Description du processus de certification FSC gestion forestière GP 01(aout 2008). Bureau veritas certification France 26 p.

Dirou S., 2017. LES PRATIQUES EFIR DES SOCIETES FSC DANS LE BASSIN DU CONGO SYNTHÈSE Auteur : Sophie Dirou, 34.

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.

Doucet, J.L., A. Dissaki., A. Mengome., Y. Issembé., K. Dainou., J.F. Gillet., L. Kouadio., J. Laporte. (2007) .Dynamique des peuplements forestiers d'Afrique centrale. Module de formation. 134p

Doucet, R., 2017 . Etude des propriétés physiques, technologiques et de durabilités naturelle du bois de *Pachyelasma tessmanii* Harms et de *Pentaclethra macrophylla* Benth (travail de fin d'étude à Gembloux Agro Bio Tech). 82p.

Doumenge C., Yuste J.-E.G., Gartlan S., Langrand O. & Ndinga A., 2001. Conservation de la biodiversité forestière en Afrique centrale atlantique: le réseau d'aires protégées est-il adéquat? BOIS FORETS DES Trop. 268, 5–27.

Durrieu De Madron L. & Forni E., 1997. Aménagement forestier dans l'Est du Cameroun.

- FAO, 2015. FRA 2015 Termes et Définitions, Rome, 37
- Fargeot C., Forni E. & Nasi R., 2004. Réflexions sur l'aménagement des forêts de production dans le bassin du Congo. *BOIS FORETS DES Trop.* 281(281), 19–34.
- FSC Forest Stewardship Standard for the Congo Bassin(2009) 104 p.
- FSC, 2012. FSC Forest Stewardship Council standard for the Congo Basin.
- HUSSON Justine., 2019. Croissance des arbres et sa variabilité dans les forêts denses humides d'Afrique Centrale – Etude au nord de la République du Congo. Diplôme national de Master (Agro Paris Tech)
- Jean Philippe Gaudron., (2016) R commander : petit guide pratique 1 statistique de base. 129 p
- Joseph Fouarge et Georges Gérard.,(1964). Bois du Mayumbe 563 p
- Julien Moselly Seka.,(2016) . Tarifs de cubage et régénération naturelle de *Cylicodiscus gabunensis* (Okan) au sud Cameroun. Thèse de Doctorat .132 p.
- Karsenty A. & Gourlet-Fleury S., 2006. Assessing Sustainability of Logging Practices in the Congo Basin's Managed Forests: the Issue of Commercial Species Recovery. *Ecol. Soc.* 11(1), art26.
- Karsenty.A.,et Gourlet-Fleury S.,(2006). Assessing sustainable of logging Practice in the Congo Basin's Managed forest: the issue of commercial species Recovery.*Ecology and soc.*14 p.
- Kissinger G., Herold M. & De Sy V., 2012. Drivers of deforestation and forest degradation: A Synthesis Report for REDD+ Policymakers, Vancouver, Canada, 48.
- Letouze René Gustave., (1989) . Etude phytogéographique du Cameroun. 511p
- LETOUZEY, R. 1985. Notice de la carte phytogéographique du Cameroun. Institut de la carte internationale de la végétation, Toulouse-France
- Loi N°94/01 du 20 janvier 1994 portant régime des forêts, de la faune et de la pêche.
- Loupe D. & Mille G., 2015. Mémento du forestier tropical, Éditions Quae.

Luc Durrieu de Madron, Alain Karsenty, Eric Loffeier et Jean-Michel Pierre.,(1998) Le Projet d'Aménagement Pilote Intégré de Dimako. 169 p.

Luc Durrieux de Madron., et Eric Forni (1997). Aménagement forestier dans l'est du Cameroun 12p

M.Fougerouse., 1957. Les piqûres des grumes de coupe fraîches en Afrique tropicales. Revue bois des forêts et tropiques. N°55 septembre octobre 1957.

Mama MOUAMFON., Nicole Marie GUEDJE., Issoufa PEPAINYIENE., Louis ZAPFACK., Jules Romain NGUEGUIM et Jean LEJOLY.,(2015). *Pentaclethra macrophylla* Benth. dans la forêt communautaire de Payo (EstCameroun): inventaire, productivité et commercialisation. 17p. <http://ajol.info/index.php/ijbcs:08/07/2022> à 13h 56

Marc Vandenhoute., Emanuel Heuse., (2006) . Aménagement forestier, traçabilité du bois et certification. Etat des lieux des progrès enregistrés au Cameroun 71 p

Mark Van B., Sander T., Joyce P., les dix engagements fairs et Fair & Précious: Argumentaire scientifique. 22 p

Martin P. & Vernay M., 2016. Guide d'utilisation des bois africains éco-certifiés en Europe. ATIBT ed., 100.

Meriem Fournier-Djimbi et Daniel Fouquet., (1998) . Estimation de la qualité des arbres sur pieds 27p

Meunier Q., Moumbogou C. & Doucet J.-L., 2015. Arbres Utiles du Gabon, Gembloux, Belgique, 339

Michel Vernay et Patrick Martin : les niveaux de transformation du bois –www.atibt.org

N.Tshiamala-Thibangu.,A.E.Fourdjet .B.Tchoffo and AG.Bengono., (1993).Valorisation des bois secondaire du Cameroun par la connaissance de leur teneurs en silice, ainsi que de leur propriétés tant physique que mécanique : cas de Essia et de Mubala.

Nicolas Bayol., Benoît Demarquez., Carlos de Wasseige., Richard Eba'a Atyi., Jean-François Fisher., Robert Nasi., Alexandra Pasquier., Xavier Rossi., Matthew Steil., Catherine Vivien., (2010) . *La gestion des forêts et la filière bois en Afrique centrale*. 61 p

Normes national FSC. Pour la certification des forets de la République du Cameroun(2020)
141 p.

Partick Martin ., Michel vernay.,(2002) : Guide d'utilisation des bois Africains Eco-certifiés.
ATIBT 100 p

Richard Eba'a Atyi & Edouard Essiane Mendoula . Les efforts du Cameroun en vue de la
gestion des forêts de production : Progrès et lacunes, séminaire FORAFRI de Libreville-
session 1.

Robert Nasi-Stéphane Guéneau., (2007). Les changements en forêt tropicale : vers de
nouvelles formes de gouvernance. 13p

Sophie Dirou.,(2017). Les pratiques EFIR des Sociétés FSC dans le Bassin du Congo ATIBT
34 p

Tchatchou B., Sonwa D.J., Ifo S. & Tiani A.M., 2015. Déforestation et dégradation des forêts
dans le Bassin du Congo: État des lieux, causes actuelles et perspectives, Center for
International Forestry Research (CIFOR)

Temgoua Lucie F.,(2011). Déterminants socio-économiques et écologiques de la plantation
d'arbres producteurs de bois d'œuvre et d'artisanat dans l'ouest du Cameroun. Thèse de
Doctorat, 369 p.

Tor P.Schultz., Darrel D.Nicholas.,(2000). Bois de cœur naturellement durable; prévue d'une
proposition de double fonction défensive des extractibles. 52 p

Unités Forestières d'Aménagement 10.041, 10.042 et 10.044 regroupées - Plan
d'aménagement,184 p

Vincent Freycon., Daniel Sabatier-Dominique Paget-Bruno Ferry., (2003) . Influence du sol
sur la végétation arborescente en forêt Guyanaise : Etat des connaissances. Numéro spécial
14 p.

Vincent Freycon.,(2017) . Caractérisation des sols de la Pallisco (Cameroun) Rapport de
mission DynAfFor. 67 p

VIVIEN, J. et FAURE, J.J. 1985. Arbres des forêts denses d'Afrique Centrale. Ministère des
relations extérieures, de la coopération et développement-ACCT, Paris. 551p

