UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Effets des traitements sylvicoles sur la productivité de pinus patula : cas du massif forestier de Vyanda au Burundi

Niyomwungere, Oscar; Sous la direction de : Prof. Bernadette Habonimana; Vénérand Ndorere, Msc

2024
UB, FS
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1930

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES.

MASTER EN SCIENCES ET GESTION INTEGREE DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : GESTION DES RESSOURCES NATURELLES

EFFETS DES TRAITEMENTS SYLVICOLES SUR LA PRODUCTIVITE DE *PINUS PATULA* : CAS DU MASSIF FORESTIER DE VYANDA AU BURUNDI



Par :

Oscar NIYOMWUNGERE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du

Diplôme de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement
Option : **Gestion des Ressources Naturelles**

Sous la direction de :
Prof. Bernadette HABONIMANA
Vénérand NDORERE, Msc.

Bujumbura, Avril 2024

COMPOSITION DU JURY

Prof. NDUWIMANA André : Président

Prof. MASHARABU Tatien : Secrétaire

Prof HABONIMANA Bernadette : Directeur

NDORERE Vénérand, Msc. : Co-directeur

Prof. HABONAYO Richard : Membre

DEDICACES

A ma chère maman ;

A mon regretté père ;

A mes frères et sœurs ;

A toutes les personnes qui m'ont témoigné de leur soutien ;

Je dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

L'élaboration du présent travail n'a pas été de notre seul apanage. En dépit de nos efforts personnels, cette œuvre a reçu le concours de plusieurs personnes, dont nous sommes obligés de reconnaitre autant d'actions combien bienveillantes. Nous sommes redevables à tous ceux et à toutes celles qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à sa réalisation.

Nous remercions l'Université du Burundi et le Centre de Recherche en sciences des productions Animales, Végétales et Environnementales (CRAVE) pour le soutien matériel et financier qu'ils nous ont apporté dans la collecte des données à travers le projet intitulé « Le coût de l'inaction à la gestion durable des peuplements forestiers du Burundi : cas des plantations forestières de pins de Vyanda». Nous saluons aussi tous nos professeurs de cette Institution pour la formation académique qu'ils nous ont donnée.

Notre admiration est singulière à l'endroit du professeur Bernadette HABONIMANA et Vénérand NDORERE Msc. respectivement promoteur et co-promoteur de ce travail pour avoir accepté de l'encadrer. Leurs conseils et leurs remarques scientifiques ont été d'une grande utilité à la réussite du présent travail. Que le fruit de leurs efforts se fasse sentir dans chaque ligne du présent document.

Notre expression de gratitude s'adresse également à l'OBPE pour avoir accepté que ce travail soit mené au sein du massif forestier de Vyanda qui ressort de ses responsabilités. Afin de n'oublier personne, nous remercions également l'ensemble du personnel de l'OBPE en général et surtout celui de l'antenne Provincial de Bururi pour nous avoir guidé et accompagné durant toute la période de notre séjour au massif forestier de Vyanda. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre gratitude.

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude aux membres du jury pour leur lecture attentive de ce travail ainsi que pour les remarques qu'ils m'ont adressées afin d'améliorer la qualité de ce travail.

Enfin, un grand merci, à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

RESUME

Les boisements de Vyanda sont très importants pour le Burundi car ce sont des blocs boisés de *Pinus* pouvant être exploités à des fins industrielles. Ils présentent un potentiel économique et environnemental important. Pourtant suite à l'instabilité politique et la crise sociopolitique qu'a connue le Burundi, l'application des différents traitements dans ce massif a été très irrégulière. Ainsi, les données dendrométriques des espèces de ces plantations demeurent jusqu'à ce jour incomplètes, ce qui constitue un sérieux handicap pour la gestion durable de ces plantations. Le présent travail de recherche a été mené dans le but d'évaluer le coût de l'inaction lié à la non application ou à l'application tardive des traitements sylvicoles au massif forestier de Vyanda composé en grande partie de *Pinus patula*.

Les données ont été collectées dans des parcelles dites de production (classe I, et classe II) qui ont subi deux élagages et une ou deux éclaircies. Nous avons considéré trois traitements sylvicoles : 2 coupes d'éclaircies (CEE), une coupe d'éclaircie (CE) et sans aucune coupe d'éclaircie désigné par coupe zéro (C0). Ces traitements sont répartis dans 11 parcelles de dimensions variables. La collecte des données est effectuée dans des placettes circulaires de 5 ares. Dans chaque placette, la circonférence à hauteur de poitrine et la hauteur totale des arbres ont été mesurés et tous les arbres ont été recensés. Les Paramètres dendrométriques (le volume, la surface terrière, la hauteur dominante et la circonférence dominante) ont été soumises à l'analyse de la variance pour voir s'il y a un effet significatif des différents traitements sur ces paramètres.

Selon les résultats de cette étude, les parcelles qui ont subi un traitement sylvicole de la CEE ont un volume du bois sur pied plus élevée (1075m^3/ha) suivies de celles qui ont bénéficié de la CE avec 886m^3/ha. Les parcelles avec la coupe CEE présentent une grande surface terrière de 52 m^2/ha contre 40 m^2/ha pour les parcelles à C0. Les parcelles avec la CEE présentent une circonférence moyenne élevée (113 cm) contre une circonférence petite pour les parcelles avec la C0 (84 cm). Une circonférence dominante élevée est observée pour les parcelles avec une CEE (147 Cm) contre 129 Cm pour les parcelles ayant subie une C0. Les parcelles avec la CEE présentent une hauteur dominante plus élevée (26 m), secondées par celles qui ont bénéficié de la CE avec 24 m. Un effet hautement significatif a été observé entre ces traitements pour le volume ($p = 0,00085$). Et un effet significatif des traitements a été observé pour la hauteur dominante ($p= 0,0185$) ; la surface terrière ($p = 0,021$) la circonférence moyenne ($p = 0,024$), et la circonférence dominante ($p = 0,031$).

Les résultats montrent aussi que le coût de l'inaction occasionné par l'absence des traitements d'éclaircie ou l'application inadéquate de ces derniers est évalué à trois milliards Cinq cent onze millions deux cent cinquante-un mille deux cent quatre-vingt-sept francs burundais (3 511 251 287 Fbu) sur l'ensemble du peuplement de *Pinus patula.* Cette étude est la première réalisée pour déterminer l'effet des traitements sylvicoles sur la productivite de *Pinus patula* dans le massif forestier de vyanda au Burundi. Elle pose les bases des nouveaux axes de recherches orientés vers la connaissance approfondie des peuplements ligneux de ce milieu. Les parties prenantes impliquées dans la gestion de ce massif pourront s'inspirer des résultats de ce travail pour prendre des mesures urgentes pour ce massif en particulier mais aussi pour d'autres peuplements dans la même situation.

Mots clés : *Pinus patula*, traitements sylvicoles, productivité, Vyanda, Burundi.

ABSTRACT

The Vyanda woodlands are very important for Burundi, as they are Pinus woodland blocks that can be exploited for industrial purposes. They offer significant economic and environmental potential. However, due to political instability and socio-political crisis in Burundi, the application of various treatments in this massif has been very irregular. As a result, dendrometric data on the species in these plantations remain incomplete to this day, which constitutes a serious handicap for the sustainable management of these plantations. The present research was carried out with the aim of assessing the cost of inaction linked to the non-application or late application of silvicultural treatments to the Vyanda forest massif, composed largely of *Pinus patula.*

Data were collected in so-called production plots (class I, and class II) that had undergone two prunings and one or two thinnings. We considered three silvicultural treatments: 2 thinning cuts (CEE), one thinning cut (CE) and no thinning cut (C0). These treatments were distributed over 11 plots of varying size. Data were collected in circular plots of 5 ares. In each plot, the circumference at breast height and the total height of the trees were measured, and all trees were counted. The dendrometric parameters (volume, basal area, dominant height and dominant circumference) were subjected to analysis of variance to see if there was a significant effect of the different treatments on these parameters.

According to the results of this study, the plots that underwent CEE silvicultural treatment have a higher standing timber volume (1075m3/ha), followed by those that benefited from CE with 886m3/ha. Plots with CEE cut have a large basal area of 52 m2/ha compared with 40 m2/ha for plots with C0. Plots with CEE have a high average circumference (113 cm) compared with a small circumference for plots with C0 (84 cm). A dominantly high circumference is observed for plots with CEE (147 Cm) versus 129 Cm for plots with C0. Plots with CEE had a higher dominant height (26 m), followed by those with CE with 24 m. A highly significant effect was observed between these treatments for volume ($p = 0.00085$). And a significant treatment effect was observed for dominant height ($p= 0.0185$); basal area ($p = 0.021$) mean circumference ($p = 0.024$), and dominant circumference ($p = 0.031$).

The results also show that the cost of inaction caused by the absence or inadequate application of thinning treatments is estimated at three billion five hundred and eleven million two hundred and fifty-one thousand two hundred and eighty-seven Burundian francs (3,511,251,287 Fbu) for the entire *Pinus patula* stand. This study is the first to determine the effect of silvicultural treatments on the productivity of *Pinus patula* in the Vyanda forest massif in Burundi. It lays the foundations for new lines of research aimed at gaining in-depth knowledge of woody stands in this environment. Stakeholders involved in the management of this massif will be able to draw on the results of this work to take urgent measures for this massif in particular, but also for other stands in the same situation.

Key words: *Pinus patula*, silvicultural treatments, productivity, Vyanda , Burundi.

TABLE DES MATIERES

COMPOSITION DU JURY i
DEDICACES ii
REMERCIEMENTS iii
RESUME iv
ABSTRACT v
TABLE DES MATIERES vi
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS viii
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES ix
AVANT-PROPOS x
CHAPTRE I. INTRODUCTION 1
I.1.Contexte et justification de l'étude 1
I.2.Hypothèse de recherche 4
I.3.Objectifs de l'étude 4
I.4.Interêt et articulation du sujet 4
CHAPITRE II : APERÇU GENERAL SUR LE PINUS 5
II.1. Taxonomie 5
II.2. Morphologie 5
II.3. Caractéristiques botaniques 7
II.4. Biologie de la reproduction 7
II.5. Ecologie 7
II.6. Description du bois de *Pinus* 8
II.7. *Pinus* sp dans le monde 8
II.7.1. Son milieu naturel 8
II.7.2. Le *Pinus* en dehors de son aire d'origine 8
II.8. Importance des plantations du Pinus dans le monde 9
II.9. Importance économique de pin et ses dérivés 10
II.10. Conduite des peuplements de pins 11
II.10.1. Le régime 13
II.10.2. Les traitements sylvicoles 13
II.10.2.1. L'éclaircie 13
II.10.2.2. L'élagage 14
CHAPITRE III. MATERIEL ET METHODES. 16
III. 1. Description de la zone d'étude 16
III.1.1. Situation géographique 16

III.1.2. Sols 16
III.1.3. Climat 17
III.1.4. Végétation 17
III.2. Collecte des données. 18
III.3. Matériels utilisés. 21
III.4. Traitement des données 21
III.5. Calcul du coût de l'inaction. 22
CHAPITRE IV. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS 24
IV.1. Présentation des résultats 24
IV.1.1. Paramètres structuraux 24
IV.1.2. Incidence du type de traitement sylvicole sur la production en volume du peuplement de Vyanda, Burundi 24
IV.1.3. Incidence des types de traitements sylvicoles sur la circonférence moyenne du peuplement de Vyanda, Burundi 25
IV.1.4 Incidence du type de traitement sylvicole sur la circonférence dominante du peuplement de Vyanda, Burundi 26
IV.1.5. Incidence des types de traitements sylvicoles sur la hauteur dominante du peuplement de Vyanda, Burundi 26
IV.1.6. Incidence des types de traitements sylvicoles sur la surface terrière du peuplement de Vyanda, Burundi 27
IV.1.7. Coût de l'inaction occasionné par la non application ou l'application tardive du traitement sylvicole au massif forestier de Vyanda, Burundi 27
IV.1.7.1. Recettes escomptées par la mise en vente du bois du massif forestier de Vyanda en 2022 28
IV.1.7.2. Estimation du coût de l'inaction à la gestion durable du massif forestier de Vyanda, Burundi 29
IV.2. Discussion des résultats 30
CHAPITRE V : CONCLUSION ET SUGGESTIONS 33
V.1. Conclusion. 33
V.2. Suggestions. 34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 35
ANNEXES 41

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

%: pourcentage

°C : degree Celsius

AID : Association Internationale de Développement

ANOVA: Analysis Of Variance

OIT: Organisation Internationale du Travail

C0: Coupe zéro

CE : une seule coupe d'éclaircie

CEE : 2 coupes éclaircies

Cm : Centimetre

FAO**:** Food and Agriculture Organization

FBu: Franc Burundais

GISD: Global Invasive Species Database

Ha: Hectare

Lat.: Latitude

Mha : Million d'hectare

MEAE : Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage

MFBPE : Ministère des Finances, du Budget et de la Planification Economique

Mm : Millimètre

N/mm : Nanomètre par millimètre

OBPE **:** Office Burundais pour la Protection de l'Environnement

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

RR : Retrait Radial

RT : Retrait Tangentiel

USA: United State of America

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableaux

Tableau.1.Directives sylvicoles pour la conduite et gestion des plantations de Pinus..... 12
Tableau 2. Matériels utilisés lors de l'inventaire forestier et leurs fonctions. 21
Tableau 3. Normes d'interprétation des résultats d'analyse de la variance..... 22
Tableau 4. Prix de vente des produits forestier sur pied et proportion par catégorie. 23
Tableau 5. Valeurs moyennes des paramètres dendrométriques selon les types de traitements CO, CE, et CEE dans le massif forestier de vyanda, Burundi. 24
Tableau 6. Résultats de l'ANOVA montrant l'effet des traitements sur le volume du bois sur pieds dans le massif forestier de vyanda, Burundi. 24
Tableau 7. Classification des moyennes du volume du bois sur pied en groupes homogènes dans le massif forestier de vyanda, Burundi. 25
Tableau 8. Résultats de l'ANOVA montrant l'effet des traitements sur la circonférence moyenne dans le massif forestier de vyanda, Burundi. 25
Tableau 9. Classification des moyennes de la circonférence moyenne en groupes homogènes dans le massif forestier de vyanda, Burundi. 25
Tableau 10. Résultats de l'ANOVA montrant l'effet des traitements sur la circonférence dominante dans le massif forestier de vyanda, Burundi..... 26
Tableau 11. Classification des moyennes de la circonférence dominante en groupes homogènes dans le massif forestier de vyanda, Burundi. 26
Tableau 12. Résultats de l'ANOVA montrant l'effet des traitements sur la hauteur dominante dans le massif forestier de vyanda, Burundi 26
Tableau 13. Classification des moyennes de la hauteur dominante en groupes homogènes dans le massif forestier de vyanda, Burundi 27
Tableau 14. Résultats de l'ANOVA montrant l'effet des traitements sur la surface terrière dans le massif forestier de vyanda, Burundi 27
Tableau 15. Classification des moyennes des surfaces terrière en groupes homogènes dans le massif forestier de vyanda, Burundi. 27
Tableau 16. Produits attendus BO (bois d'œuvre) BS (bois de service) et BF (bois de feu) par hectare en fonction de la biomasse disponible des parcelles échantillons dans le massif forestier de vyanda, Burundi 28
Tableau 17. Recettes escomptées par la mise en vente du bois du massif forestier de Vyanda, Burundi en 2022 28
Tableau 18. Cout de l'inaction estimé sur l'ensemble du peuplement de Vyanda pour Pinus patula 29

Figures

Figure 1. Le bois de pin et ses dérives 11
Figure 2.Conduite de la pratique d'élagage. 14
Figure 3. Cheminement entre les centres de placettes. 18
Figure 4. Localisation de la zone d'étude : Carte spatiale des parcelles_echantillons de Pinus patula 20

AVANT-PROPOS

Ce mémoire rentre dans le cadre de l'obtention du diplôme de Master es Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement, Option : Gestion des ressources Naturelles. Il étudiera le coût de l'inaction lié à la non application ou à l'application tardive des traitements sylvicoles au massif forestier de Vyanda au Burundi composé en grande partie de *Pinus patula*. L'idée de ce mémoire de recherche est venue du constat que les plantations forestières créées par le gouvernement du Burundi avec l'appui de ses bailleurs étrangers depuis la période coloniale - fin des années 70 et 80, sont déjà vieux de quatre décennies, sans avoir bénéficiées d'une bonne gestion leur permettant d'offrir la meilleure de sa production ligneuse. L'application des différents traitements dans ces boisements a été très irrégulière ; les données dendrométriques demeurent jusqu'à ce jour incomplètes ; sans oublier le manque d'un inventaire sur la potentialité ligneuse de ces plantations. Pourtant les traitements (interventions sylvicoles) appliqués pour la conduite des boisements surtout artificiels dans beaucoup de pays, occasionnent de bon résultats si leur application est faite dans de bon termes.

Par contre, bien de pays en voie de développement ne parviennent pas à répondre aux exigences adoptées à la conduite des peuplements forestiers et dans ce cas la gestion durable de ces derniers devient un handicap et occasionnent un coût de l'inaction énorme (cas du massif forestier de Vyanda). Cette étude est la première réalisée pour déterminer l'effet des traitements sylvicoles sur la productivité de *Pinus patula* de Vyanda au Burundi. Les parties prenantes impliquées dans la gestion des forêts pourront s'inspirer de ces résultats pour prendre des mesures urgentes pour ce massif en particulier mais aussi pour d'autres peuplements dans la même situation.

CHAPTRE I. INTRODUCTION

I.1.Contexte et justification de l'étude

La forêt est une ressource naturelle importante, un espace de biodiversité écologique, une richesse économique et un produit social et culturel (Alaoui et al., 2011). Selon une étude sur la situation des ressources forestières dans le monde (FAO, 2020) les forêts occupent une superficie totale de 4,06milliards d'hectares, ce qui correspond à 31% de la superficie totale des terres mondiales, dont près de 95 pour cent sont des forêts naturelles et 5 pour cent des plantations. Mais les forêts ne sont pas reparties de manière égale sur la planète. Plus de la moitié (54%) des forêts du monde se trouve dans cinq pays uniquement : la Fédération de Russie (815 Mha), le Brésil (497 Mha), le Canada (347 Mha), les États-Unis (310 Mha) et la Chine (220 Mha). Le reste du monde représente une superficie de 1.870 Mha. En Afrique elles couvrent 645 millions d'hectares, soit 21,4 % de la surface totale des terres. Les forêts du bassin du Congo constituent le deuxième massif forestier tropical du monde (FAO, 2018).

Le couvert forestier de l'Afrique de l'Est est estimé au total à 85,6 millions d'hectares, soit environ 21 pour cent de la superficie des terres de la sous-région. Comme dans les autres sous-régions, les forêts sont inégalement réparties en Afrique de l'Est. L'Éthiopie et Djibouti ont un couvert forestier très réduit, alors que près de 44 pour cent du territoire de la Tanzanie est recouvert de forêts. La superficie de plantations est estimée à environ 1 million d'hectares, soit 1,2 pour cent de la couverture forestière, mais la superficie réelle est probablement très inférieure. D'après les estimations, les plantations se créent au rythme d'environ 15 000 hectares par an. La plupart d'entre elles se trouvent en Éthiopie, au Kenya, à Madagascar et en Tanzanie et se composent d'essences exotiques à croissance rapide, comme *Pinus patula*, *Cupressus lusitanica* et *Eucalyptus spp*. Bon nombre de plantations ont été établies dans les années 60 et 70, avec l'appui de donateurs, pour fournir du bois rond industriel.

De par leurs fonctions écologiques, les forêts concourent aux fondations de la vie sur la terre en régulant le climat et les ressources en eaux, et en faisant office d'habitat pour la faune et la flore. Elles procurent aussi une large gamme de produits essentiels tels que le bois, des aliments, le fourrage, et des médicaments, mais aussi des possibilités des loisirs, de renouveau spirituel et d'autres services (FAO, 2004).Elles constituent pour les populations humaines des réserves en produits et services multiples (Hamissou, 2000). Pour mieux remplir ses fonctions, une gestion durable de cette ressource naturelle s'impose à l'échelle de chaque pays (Karsenty, 2019).

Les formations forestières du Burundi se classent en trois grandes catégories à savoir :

- ✓ les formations naturelles ;
- ✓ les boisements domaniaux et communaux ;
- ✓ l'ensemble des boisements privés, l'agroforesterie et les arbres hors forêts (Ndabirorere, 1999).

Ces formations forestières représentent une des principales richesses du pays. La majorité des produits forestiers utilisés par la population burundaise proviennent des plantations forestières, des îlots boisés et des systèmes agroforestiers.

Ces ressources ligneuses sont par conséquent d'une importance vitale pour la subsistance des populations du Burundi même si leur contribution à la croissance économique (ou au Produit Intérieur Brut) demeure sous-estimée (environ 2%) (Nduwamungu, 2011).

En effet, de par leurs caractéristiques et fonctions multiples (production, protection et recréation), leur grande diversité biologique constituent un enjeu écologique, social et culturel (Alaoui et al.,2011). Cependant, en dépit de ses rôles déterminants, les formations forestières du Burundi sont soumises à de fortes pressions anthropiques (prélèvement de bois, surpâturage, incendies….). A l'instar de beaucoup de pays africains, on assiste au Burundi à une dégradation continue des écosystèmes forestiers.

Conscient du déficit énorme en bois et dans le but d'améliorer la productivité des boisements, le Burundi, à l'instar des autres pays africains, s'est orienté vers les essences susceptibles de s'adapter à son climat et de fournir des rendements satisfaisants. Ainsi, dans ce même souci de bien vouloir satisfaire les besoins de la population sans cesse croissante en bois de divers services tout en sauvegardant l'environnement, le Gouvernement du Burundi avec l'appui des bailleurs de fonds étrangers a fait beaucoup d'efforts pour créer des plantations forestières depuis la période coloniale avec une intensité croissante jusqu'à la fin des années 70 et 80. Les principaux bailleurs de fonds qui ont appuyé les projets de reboisement à partir de 1976 incluent la Belgique, l'Arabie Saoudite, la France, l'Union Européenne, AID, OIT, la Banque Mondiale, le PNUD et bien d'autres. L'objectif quantitatif visé étant d'atteindre 20% du territoire national boisé en l'an 2000 (Gahengeri et Ndihokubwayo, 2011). Des essences à croissance rapide ont été privilégiées pour répondre à court terme aux besoins de la population à savoir des *Eucalyptus sp*, pour la production de bois de feu et de service, les Pins *sp* pour le bois d'œuvre, le *Callitris* pour la protection des crêtes.

En 1992, environ 65 000 ha de plantations forestières industrielles ont été installés par divers projets forestiers sous forme d'unités de superficie variant entre 200 et 5000 ha et souvent situées sur les pentes abruptes (Vauron, 1992). Les plantations de production comprenaient 8 600 ha de pins (*Pinus patula, Pinus caribaea, Pinus kesiya et Pinus elliottii*) et 5000 ha *d'Eucalyptus* (principalement *Eucalyptus grandis et Eucalyptus camaldulensis*) sur la crête Congo-Nil. Les plantations de protection s'étendaient à près de 17 500 ha de *Callitris robusta* et *Callitris calcarata* (600 ha) sur les sols peu profonds des pentes abruptes, de *Pinus patula* (1100 ha) et certains *Eucalyptus* (*Eucalyptus maideni, Eucalyptus salignaet Eucalyptus microcorys*) sur les sols les moins pauvres, et *Acacia mearnsii* sur les crêtes de quartzite dominant les grandes vallées agricoles dans les hauts plateaux centraux et la dépression de Moso dans l'Est (Nduwamungu, 2011). Les Pins sont des espèces d'arbres les plus communément plantées à cause de leur croissance rapide, de leur résistance aux conditions les plus xériques, de leur aptitude à reconstituer les zones dégradées et à occuper les terrains nus (Zavala et Zea, 2004).

Le reboisement a permis de relever le taux de la couverture forestière. La politique forestière visait de porter la couverture forestière de 44500 hectares à 500000 hectares. Mais en 2000, on était à 120000 ha, soit une augmentation de 75000 ha seulement.

La superficie des formations forestières artificielles était estimée à 52000 ha composés de 16000 ha de Pins, 17000 ha d'*Eucalyptus*s Sp et 19000 ha de *Callitris* et autres (Ruzima, 1996).

Le présent travail s'intéresse à l'un des principaux massifs forestiers du Burundi en l'occurrence celui de Vyanda, la plus grosse foret artificielle au Burundi (**4958.04ha**), composé essentiellement de peuplements de *Pinus patula* (Ndorere, 2009). Les objectifs initialement choisis à la plantation étaient prioritairement la production du bois d'énergie pour la consommation locale, la stabilisation des sols, ainsi que l'approvisionnement de l'industrie du papier en pulpe de bois (Beck et al., 2010).Malheureusement, l'industrie du papier ne s'était jamais développée pour de nombreuses raisons, la principale étant l'insuffisance de matière première devant justifier des investissements considérables dans une usine de papier (Ndorere, 2009).

Les boisements de Vyanda sont très importants pour le Burundi car ce sont les plus grosses plantations artificielles (**4958.04ha**) de *pinus* que possèdent le Burundi et pouvant être exploités à des fins industrielles. Ils présentent un potentiel économique et environnemental important (Rufuguta, 2010).

Ces boisements sont vieux de quatre décennies mais malheureusement ; ils n'ont pas bénéficié d'une bonne gestion leur permettant d'offrir la meilleure de sa production ligneuse. Très peu d'interventions sylvicoles ont été menées et se limitent à deux élagages et une éclaircie presque sur l'ensemble du chantier mené jusqu'en 1990 ainsi qu'au deux éclaircies exécutée sur quelques parcelles en 2010. Ce manque d'interventions sylvicoles a un impact hautement négatif sur l'état du peuplement, sa productivité et sa régénération (Ndorere, 2009). Ainsi, les données dendrométriques des espèces de ces plantations (Surface terrière, Accroissement, Volume …) demeurent jusqu'à ce jour incomplètes. Ce qui constitue un sérieux handicap pour la gestion durable de ces plantations.

Afin d'apporter des données qualitatives et quantitatives nécessaires à une prise de décision pour la gestion de ce massif, nous avons mené une étude dont le thème est « ***Effets des traitements sylvicoles sur la productivité du Pinus sp. : Cas du massif forestier de Vyanda »***.

La présente étude se propose donc d'aborder la problématique des plantations de cette région en général, et du massif forestier de Vyanda en particulier. Elle répondra aux questions suivantes :

- ✓ Les différents traitements sylvicoles ont-ils une influence sur les paramètres dendrométriques de ces plantations ?
- ✓ Quel est l'état actuel de ces plantations ? L'actualisation de ces paramètres nous permettra de renseigner la situation actuelle de ce peuplement.

I.2.Hypothèse de recherche

Les hypothèses ci-après ont été formulées :

- ✓ La productivité du *Pinus patula* serait fonction des traitements sylvicoles appliqués.
- ✓ Le coût de l'inaction occasionné par l'application tardive ou l'absence de traitements sylvicoles du massif forestier de Vyanda est énorme.

I.3.Objectifs de l'étude

✓ Objectif principal

L'objectif principal poursuivi par cette étude est de contribuer à la gestion durable des peuplements de pins au Burundi.

✓ Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de la présente étude sont :

- ✓ Déterminer l'effet des traitements sylvicoles sur les caractéristiques dendrométriques des plantations forestières (la surface terrière, la densité, le volume, les accroissements) et la productivité du *Pinus patula ;*
- ✓ Evaluer la rentabilité économique des peuplements selon les différents traitements sylvicoles.

I.4.Interêt et articulation du sujet

Sur le plan pratique, cette étude fournit des résultats sur la productivité du massif et les pertes économiques liées à la non application ou application tardive des traitements sylvicoles. Ces résultats sont utiles et intéressants pour orienter le décideur sur des mesures urgentes à prendre pour ce massif en particulier mais aussi pour d'autres peuplements dans la même situation.

Sur le plan scientifique, elle constitue une base des données indispensables à l'exploration de l'étude dendrométrique en foresterie. Ce travail aidera également les autres chercheurs à aborder des nouvelles études dendrométriques avec beaucoup plus d'efficacité.

Le présent travail s'articule sur trois chapitres en dehors de l'introduction. Le premier a été consacré à la synthèse bibliographique, le deuxième à la présentation du milieu, matériel et méthodes. Le troisième chapitre concerne la présentation, l'interprétation et la discussion des résultats. Le mémoire se termine par une conclusion et quelques recommandations.

CHAPITRE II : APERÇU GENERAL SUR LE PINUS

II.1. Taxonomie

Le genre Pinus (Pinaceae*)*, avec plus de 100 espèces largement reconnues, est le plus grand genre existant de conifères (Gernandt et al., 2005). Le genre Pinus, appartient à la famille des Pinacées (Abiétacées). Il est composé d'un total de 111 espèces (Richardson, 2000b). Le premier critère de classifications a été le nombre d'aiguilles par fascicule, mais cela s'est avéré insuffisant, particulièrement après la découverte de nombreux pins mexicains dont le nombre d'aiguilles est variable au sein d'une même espèce.

Engelman, en 1880, fut le premier à proposer une séparation du genre Pinus en deux sous-genres : Piniaster et Strobus. Koehne, en 1893, observa les faisceaux vasculaires des aiguilles de pin et conclut qu'on pouvait diviser les pins en deux groupes : *Haploxylon* et *Dyloxylon*. Une subdivision qui fut ensuite abondamment reprise, renommée plus tard respectivement *Strobus* et *Pinus.*

La systématique du genre P*inus* établie par Farjon en 1996 se résume comme suit :

Règne	: Plantae
Embranchement	: Spermaphyta
Sous-embranchement	: Gymnospermae
Classe	: Pinopsida
Ordre	: Abietales
Famille	: Pinaceae (Abietaceae)
Sous-famille	: Pinoïdeae
Genre	: *Pinus*

II.2. Morphologie

Comme la plupart des autres conifères, les pins sont généralement caractérisés par une croissance monopodiale et une grande taille. L'espèce la plus grande, *Pinus lambertiana* atteint plus de 75m de hauteur et plus de 5m de circonférence. Seules quelques espèces manquent de dominance apicale, comme *Pinus sabiniana* en Californie. D'autres peuvent également être trouvés sous forme de buissons quand ils vivent dans des environnements difficiles.

- ✓ **Type**

Arbres persistants, parfois arbustes, de port et de taille très variable selon les espèces ; branches en verticilles réguliers ; écorce des sujets âgés crevassée et formant des plaques ou des crêtes, plus ou moins écailleuse ; bourgeons grands, souvent résineux, ovoïdes à cylindriques, à nombreuses écailles ; la ramification comporte des rameaux longs et des rameaux nains (brachyblastes) ;

- ✓ **Hauteur**

Le Pin est un arbre à croissance rapide qui peut atteindre des hauteurs allant jusqu'à 48 mètres. La taille peut varier entre 15 et 55 mètres selon les espèces, tout comme sa forme et la couleur de son feuillage. On trouve des variétés de petite taille, sous forme d'arbustes ou d'arbres nains, cultivables en pot sur des balcons ou terrasses.

- ✓ **Les feuilles**

Les feuilles sont des aiguilles groupées en faisceaux par 2 à 5 et rarement solitaire ou par 6 et au-delà. Elles sont entourées à leur base par une gaine souvent parchemineuse persistante ou caduque composée de 8-12 écailles. Les bords de la feuille sont souvent finement dentelés et les bandes stomatales sont dorsales ou bien, chez les espèces à 3-5 aiguilles elles sont uniquement sur la face interne (Lanier, 1963). Elles possèdent une ou deux nervures selon l'espèce et ce critère est d'ailleurs déterminant dans la classification (Debazak, 1996).

- ✓ **Inflorescences**

Les pins sont des arbres monoïques, c'est-à-dire dont les fleurs mâles et femelles sont portées par le même pied. Les inflorescences sont des chatons, le mâle situé en bout de rameau là où le vent a le plus d'action pour disséminer le pollen. L'inflorescence femelle est en retrait, plus discrète.

- ✓ **Fruits**

Le cône peut tomber dans l'année qui suit sa maturité ou persister sur l'arbre (parfois de nombreuses années). Par ailleurs le cône peut s'ouvrir peu après la maturité (cône déhiscent) en libérant les graines à ce moment, ou rester fermé plusieurs années (cône sérotineux). Le cône adulte a de 3 à 45 cm de long ; les bractées sont toujours incluses. La graine, à coque dure, est située à la base de l'écaille (2 graines jumelles), avec ou sans aile (elle-même plus ou moins développée) ; 3 à 18 cotylédons ; 2n = 24 ;

Les pins à 5 feuilles ont une gaine foliaire caduque en général et des cônes à pédoncules longs et fins (pins haplostélés) ; les pins à 2 ou 3 feuilles ont une gaine foliaire persistante en général, et des cônes à pédoncules courts et trapus (pins diplostélés).

- ✓ **L’écorce**

L'écorce est la partie externe du cortex qui a péri, ayant été coupée de la nourriture par les fines plaques dures des écailles de l'écorce(George, 2008). L'écorce de la plupart des pins est fissurée, craquelée ou écailleuse. Pour le Pin parasol, l’écorce est brun rougeâtre avec des nuances grises. Celle du pin maritime est épaisse, rouge-violetalors que celle du Pin sylvestre est brun rougeâtre sur le bas du tronc, rouge ferrugineux sur le haut.

Dans la formation tardive et ancienne de l'écorce, on trouve une distinction générale, mais nullement exacte, entre les pins tendres et les pins durs. Dans les pins tendres, le cortex reste vivant pendant de nombreuses années, s'ajustant par croissance à l'épaisseur croissante du bois. Les troncs des jeunes arbres restent lisses et sans fissures.

Dans les pins durs, la formation de l'écorce commence tôt et les troncs des jeunes arbres sont recouverts d'une écorce écailleuse ou crevassée. Le tronc supérieur lisse des arbres plus âgés est invariable chez les pins tendres, mais chez les pins durs, il existe plusieurs exceptions à la formation précoce de l'écorce. Ces exceptions sont facilement reconnaissables sur le terrain.

II.3. Caractéristiques botaniques

Les pins dressent un fut élancé, qui supporte un houppier large et étagé. Le tronc en revanche, présente des différences en fonction des variétés. Certaines possèdent des troncs sinueux, d'autres des troncs rectilignes et vierges de branches aux deux tiers. Quoi qu'il en soit, l'écorce des pins est souvent assez épaisse et couverte de fissures.

Le feuillage du pin est quasi identique d'une espèce à l'autre, il est constitué de branches assez courtes à l'extrémité desquelles se trouve une multitude d'aiguilles persistantes groupées en différents bouquets, vertes, bleues, voire parfois dorées, les aiguilles du pin peuvent persister jusqu'à 3ans en fonction des espèces. Le cône est petit, moyen ou grand chez différentes espèces, mais varie considérablement sous l'influence de l'environnement ou des particularités individuelles. Le caractère n'a qu'une valeur relative, car de grandes variations sont possibles dans une même localité et même sur un même arbre (Russel Shaw 2008).

II.4. Biologie de la reproduction

Les pins sont capables de se reproduire entre 5 et 25 ans, dès qu'ils commencent à produire des cônes mâles et des cônes femelles. La production de graines prend entre 1 an et demi et 2 ans. Ils ont un système d'accouplement qui favorise la recombinaison génétique et la création de variation génétique (Ledig, 1999); dans (Richardson et David, 2004).

Les graines et le pollen des pins sont exceptionnellement bien dispersés et des pionniers isolés peuvent donner naissance à des colonies par autofécondation. Les pins sont capables de produire des milliers de graines entre 8 et 13 ans, qui peuvent se disperser sur 10 km dans des conditions favorables. Ces graines resteront viables dans le sol pendant environ trois ans, bien qu'elles puissent rester viables dans les cônes beaucoup plus longtemps.

II.5. Ecologie

Les pins sont des espèces pionnières colonisant les espaces vides ; la pleine lumière est indispensable à leur développement. De nombreuses espèces tolèrent toutes sortes de sols même pauvres, souvent acides ou calcaires.

Ils ont la capacité de se propager dans des sites plus productifs à l'intérieur et à l'extérieur de leur aire de répartition naturelle, suite à des perturbations qui réduisent la supériorité compétitive des angiospermes vigoureux. Le feu est le moteur de la succession dans presque tous les habitats de pins (Richardson, 2000).

Même si elles sont bien adaptées à la sècheresse ainsi qu'au froid, certaines espèces se développent mieux sous des climats doux, le record de tolérance au gel va à l'espèce *cembra* qui résisterait jusqu'à moins 45°C.

II.6. Description du bois de *Pinus*

Le *Pinus* est une essence de bois de couleur claire. Il possède une couleur blanc jaunâtre (aubier) à brun rosé voire rougeâtre (duramen), l'aubier et le duramen sont bien différenciés avec un grain assez fin à moyen, selon la rapidité de la croissance. Il possède aussi un fil droit dépourvu de contrefil.

Le bois de pin est apprécié pour sa résistance, sa légèreté, sa durabilité et son aspect esthétique, qui peut varier selon les espèces et les conditions de croissance. De densité 550kg/m^3, le pinus possède une dureté minimum de 2,6 à 3 N/mm (bois tendre à moyennement dur) avec un coefficient de retrait volumique de 0,45%. La plupart des pins présentent un retrait tangentiel total de 8 ,3% avec un retrait radial total de 5,2%. Son ratio RT/RR est de 1,6 alors que son point de saturation des fibres est de 30% et présente une stabilité en service moyennement stable.

II.7. *Pinus* sp dans le monde

II.7.1. Son milieu naturel

Toute espèce tant végétale qu'animal a son milieu endémique. Les Pinacées sont natives de l'hémisphère nord, seule une espèce de pin (*Pinus merkusii*) franchit l'équateur à Sumatra. *Pinus* est un genre en grande partie réparti dans de nombreux types de forêts en Europe, en Asie, en Afrique du Nord, en Amérique du Nord et en Amérique centrale (Keeley, 2012) . Elles forment des peuplements donnant, selon la latitude, les forêts sempervirentes boréale et subalpine : c'est la famille dominante de ces grandes forêts. Certains *Pinus* ont été introduits dans diverses régions de l'hémisphère sud.

II.7.2. Le *Pinus* en dehors de son aire d'origine

De nombreuses espèces de ce genre sont cultivées en dehors de leur aire de répartition naturelle, dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées.

En Asie, *Pinus merkusii* et *Pinus Kessiya* sont deux espèces de pins importants de la zone tropicale. Le premier est considéré comme le plus tropical de tous les pins puisqu'à Sumatra il s'approche de l'équateur (environ 2°N). On le trouve également en Birmanie, en Thaïlande, au Laos, au Cambodge, au Viêt-Nam et aux Philippines à des altitudes variant entre 100 et 900m dans les zones très humides (Tissot, 1968). L'aire de *Pinus kessiya* est assez semblable à celle de *Pinus merkusii,* mais cette espèce ne dépasse guère vers le sud la latitude de 12° N. Il atteint par contre le Nord et se situe au-dessus de 750m d'altitude.

En Amérique centrale, il existe de nombreuses espèces de pins, surtout au Mexique ou elles dépassent la quarantaine (approximativement entre 30° et 15° Lat. N.).Les pins mexicains sont d'écologie très variée, *Pinus strobus* par exemple descend à 600m vers latitude de 16° N, les autres qui se trouvent généralement entre 1500 et 3000m occupent diverses étages subtropical, tempéré chaud et tempéré froid. On trouve aussi d'autres pins subtropicaux *Pinus occidentallis, Pinus tropicalis et Pinus cubensis* dans les Iles de Caraïbes (Cuba, Haïti République Dominicaine).

En Afrique, le genre Pinus ne dépasse guère vers le sud la latitude de 28° N avec *Pinus canariensis* des Iles Canaries. Les peuplements de pins de l'Afrique septentrionale surtout *Pinus halepensis* correspondent à des climats méditerranéens. Diverses espèces de pins ont été introduites avec succès en Afrique et plus particulièrement au sud du Sahara dont :

- ✓ *Pinus patula* (originaire du Mexique) qu'on trouve en abondance en Afrique du Sud,au Kenya, en Tanzanie, au Malawi, au Zimbabwe, au Madagascar et au Burundi. Au Kenya, il représente environ 25% de toutes les plantations forestières.
- ✓ *Pinus kessiya* surtout représenté au Zimbabween Ouganda et les hauts plateaux malgaches.
- ✓ *Pinus elliottii* (sud-ouest des USA) et *Pinus piniaster* représentés principalement au Transvaal (Nord-est Afrique du sud) et au Natal (Afrique du sud).
- ✓ *Pinus caribea* present au Natal sur de grandes surfaces.

En Afrique du Sud, le boisement de pins occupent 54% de la superficie totale de forêts, et sont composes pour 40% de *Pinus patula* qui est l'essence la plus appréciée, *Pinus elliotii* et 50% de *Pinus pinaster, Pinus taeda, Pinus radiata, Pinus longefolia, Pinus canariensis,* et *Pinus caribea* .Il faut noter que l'Afrique du sud comporte des climats très variés, les climats tempérés et subtropicaux étant largement répandus.

L'introduction des premiers résineux exotique au Burundi, dont notamment les pins, remonte des années 1980. Jusqu'en 1992, environ 65 000 ha de plantations industrielles ont été mises en place dans le cadre des projets grâce à la coopération de plusieurs bailleurs de fonds comprenant la Banque Mondiale, la Belgique, l'Arabie Saoudite, la France, l'Union Européenne, l'AID, le PNUD, et bien d'autres (Beck et al., 2010). Parmi celles-ci, 8 600 ha étaient des plantations de pins (*Pinus patula, Pinus caribaea, Pinus kesiya et Pinus elliottii*)(Nduwamungu, 2011).

II.8. Importance des plantations du Pinus dans le monde

Les pins sont des espèces forestières les plus importantes dans le monde. Ils occupent une place très importante dans les reboisements à l'échelle mondiale en raison de leur rapidité de croissance.

En Suède le pin tordu (Pinus *contorta* var. *latifolia*) est actuellement cultivé sur une superficie totale d'environ 200 000 ha dans le nord et le centre. dans des conditions de foresterie favorables, on estime qu'il est capable de donner près du double du rendement (Hagner, 1983). L'espèce *Pinus patula* est largement utilisée pour les plantations dans les régions tropicales et subtropicales du monde, notamment en Amérique du sud, en Afrique central et austral, en Indonésie, et en Nouvelle Zélande. La superficie plantée en *Pinus patula* dans le monde est d'environ 1milion d'hectares, dont 95% correspond à des plantations en Afrique centrale, orientale et austral (Santiago et al., 2017).

C'est l'espèce de pin la plus importante en Afrique australe et orientale (Éthiopie, Kenya, Malawi, Mozambique, Zambie, Zimbabwe, Afrique du Sud, Swaziland, Tanzanie et Ouganda) et est plantée commercialement en Amérique du Sud (Colombie, sud du Brésil, Argentine) et , dans une moindre mesure , en Asie (Népal et Inde) (CABI, 2019).Les Pins sont généralement plantés pour trois objectifs :

- ✓ Reboisement de protection :

Ils jouent un rôle extrêmement important dans la lutte contre l'érosion dans les régions montagneuses et dans la fixation des dunes littorales grâce à son système racinaire généralement très bien développé.

- ✓ Production ligneuse :

Dans les stations fertiles les pins peuvent produire jusqu'à 7,5 m^3/ha /an. Les reboisements de production ligneuse doivent se limiter aux zones bioclimatiques humide et subhumide sur stations fertiles. Au Maroc, l'accroissement moyen sur la plupart des sites est de l'ordre de 3 cm/an en circonférence de 0.4 m/an en hauteur (Bellefontaine et Raggabi, 1978a).

- ✓ Production fruitière :

Certaines espèces ont de grosses graines, appelées pignons de pin, sont récoltées et vendues pour la cuisine et la pâtisserie. La graine de Pin a une valeur commerciale qui peut valoir la production ligneuse. La production marocaine en graine est de l'ordre de 8 tonnes, en fonction de l'année et de l'importance de fructification. Le rendement moyen est de 15 kg/ha/an de cônes soit 3 kg d'amandes /ha/an (FAO, 1976).

L'intérêt pour la culture des pins a été aussi suscité par leur rusticité et leur capacité à transformer la terre minérale en terre végétale. Tout d'abord ils recouvrent le sol d'un épais tapis d'aiguilles mortes qui maintient la fraîcheur et emmagasine les eaux pluviales. Les racines, traçantes et pénétrantes, s'emparent ensuite de la roche même. Les graines, munies d'une aile, s'envolent, se répandent à grandes distances et colonisent sur les sols nus. Avec le temps, la nappe ininterrompue de la pineraie couvre d'immenses surfaces ; elle exerce alors une action puissante sur le climat dont elle atténue les extrêmes.

II.9. Importance économique de pin et ses dérivés

Les pins sont parmi les espèces d'arbres les plus importantes sur le plan commercial en raison de leur taux de croissance très élevé, (40-50 ans de rotation pour le Pin maritime dans les régions atlantiques (Alia et Martin, 2011). En raison de leurs très nombreuses utilisations, les pins génèrent une importante activité industrielle. Après coupe l'ensemble des éléments constituant le pin sont utilisées :

- ✓ les troncs pour la construction et l'industrie papetière ;
- ✓ les aiguilles de pin pour la fabrication d'huiles essentielles ;
- ✓ les pignons de pin en alimentation ou en cosmétique (huile de pignons de pin).

Parce que les pins n'ont aucune qualité de résistance aux insectes ou à la pourriture après l'exploitation forestière, non traités, ils sont généralement recommandés à des fins de construction pour une utilisation en intérieur uniquement. Ainsi, ils sont notamment dans le secteur de la construction, comme bois d'œuvre. Il est employé en menuiserie pour la fabrication de meubles de chambre ou encore de table de séjour, table basse, mais aussi en charpenterie. Naturellement, ces essences permettent de concevoir des meubles de toutes sortes (Figure 1.)



Figure 1. Le bois de pin et ses dérives

Source : (Wubalem et Teresa, 2003)

Certaines espèces ont de grosses graines, appelées pignons de pin, qui sont récoltées et vendues pour la cuisine et la pâtisserie. La Chine est le principal pays producteur et représente 30% de la production mondiale. Les pignons de pin sont connus dans le monde entier comme nutritif (cru ou grillé) et un ingrédient essentiel de nombreux plats traditionnels. Elles sont riches en vitamines E et K et en minéraux tels que le fer et le magnésium. Elles sont utilisées dans l'industrie de la confiserie et de la boulangerie et dans la sauce pesto mondialement connue !

II.10. Conduite des peuplements de pins

La mise en place de tout peuplement forestier est souvent fonction des besoins attendus de ce dernier et du rôle que l'on va assigner à celui-ci (production, protection ou accueil). La culture des pins demande une attention toute spéciale.

Le traitement qu'il convient d'adopter est évidemment celui qui assure en priorité la pérennité de la forêt. L'aspect de production devient alors secondaire. Les opérations sylvicoles à entreprendre doivent donc viser non seulement la création de conditions écologiques favorables à la régénération naturelle et au maintien de l'équilibre, mais aussi à un accroissement progressif du potentiel de production sur pieds. La durée de rotation des arbres de pins est de 26 à 30ans (Bekele, 2017). Dans certains cas, les arbres sont délibérément laissés en place pendant plus d'années que prévu afin de produire des grumes de grande taille. Les plantations de *pinus* sont gérées selon un cycle « planter, déboiser et replanter ». Le chronogramme des activités est résumé dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau.1.Directives sylvicoles pour la conduite et gestion des plantations de Pinus

Année	Activité	Description	Observation
0	Préparation du site	-	-
0	Etablissement des peuplements : Régénération artificiel	Espacement initial d'environ 3mx3m	Un espacement plus étroit est recommandé pour les grumes de sciage. Un espacement plus large est recommandé pour les sites pauvres.
1	Contrôle de la végétation spontanée (mauvaises herbes)	2-3 opérations de désherbage afin de réduire l'apparition et la croissance des espèces compétitives.	La gestion de la végétation est effectuée manuellement ou chimiquement
4-6	Elagage	Les arbres sont élagués jusqu'à une hauteur de 2.5m	-L'opération est recommandée à la fois pour la pâte à papier et pour les grumes de sciage -Pour la production de bois de sciage, il est recommandé de procéder à un élagage supplémentaire à un âge plus avancé, jusqu'à une hauteur de 7 à 12m. Lorsque la taille coïncide avec l'éclaircie, elle est effectuée sur les arbres à conserver.
6-15	Eclaircie	Une à deux éclaircies, réduction des tiges à l'hectare. progressivement ou en une seule éclaircie forte, jusqu'q une densité finale de 200 à 400arbres à l'hectare	L'éclaircie s'applique aux programmes de sciage, mais n'est pas habituel pour les programmes de pâte à papier. Combine fréquemment l'éclaircie mécanique des rangs et éclaircie sélectif à l'intérieur des bandes arborées.
15-45	Récolte finale	Coupe finale des arbres vivants	Rotation de 15 à 25 ans pour les projets de pate a papier, 25 à 45ans pour les programmes de sciage

Source : (Wubalem et Fidalgo, 2023)

II.10.1. Le régime

Le régime ou origine de tout peuplement est le mode de régénération de ce dernier. Le peuplement est soumis à un régime de taillis lorsqu'il est régénéré par des rejets de souches. On parle du régime de la futaie lorsqu'il est régénéré par des brins de semences ou des plants issus des graines. Ce régime fournit du bois d'œuvre, et est constitué de grumes de bonnes qualités technologiques.

Les pins sont des essences de lumière. Il faut donc au moins localement les traiter de manière régulière. Dans ce dernier cas, le traitement en futaie régulière présente ainsi l'avantage d'être compatible avec les impératifs économiques de l'éclaircie (volume de la coupe et prélèvement à l'hectare conséquent, homogénéité des produits) pour la plupart des espèces du genre *Pinus*.

En Algérie pour le pin d'Alep (*Pinus helepensis*), le régime de la futaie régulière est le plus souvent adopté, car il est simple à appliquer et permet d'obtenir des peuplements sensiblement équiennes (Bentouati et Bariteau, 2005).

II.10.2. Les traitements sylvicoles

Le mode général de régénération représente le régime. A l'intérieur d'un même régime, on y distingue les traitements. Le traitement est l'ensemble des opérations spéciales que l'homme fait subir à un peuplement, dans le but de satisfaire les besoins de la société d'une manière continue et soutenue (De Ligne. et Guizol,1987). Ainsi le traitement applicable aux peuplements forestiers dépend du régime ou l'origine de ces derniers, selon qu'ils sont issus des graines ou plants (futaie) ou des rejets (taillis).

La demande en bois de qualité nécessite une éducation soignée du peuplement surtout les élagages que nous considérons absolument indispensable si l'on veut produire du bois de qualité. En effet, pour être rentable, les élagages doivent nécessairement être associés à d'autres opérations sylvicoles, en particulier les éclaircies (Alaoui et al., 2011).

II.10.2.1. L'éclaircie

L'éclaircie est une pratique sylvicole consistant à réduire la densité des peuplements forestiers dans le but de minimiser la compétition pour la lumière, l'eau et les nutriments du sol, ce qui stimule, selon des délais variables, la croissance des individus résiduels (Hale, 2003). L'éclaircie est une récolte partielle et sélective pour améliorer la production ligneuse d'un peuplement.

Elle consiste à récolter 25 à 30% de la surface terrière dans un but d'accélérer la croissance des tiges résiduelles (Benomar, 2015). Les études scientifiques ont démontré que l'éclaircie constitue le traitement sylvicole le plus convenable pour accorder un accroissement optimal et combler la pénurie en matière ligneuse (Prégent et al., 2001).

Le principal effet de l'éclaircie est d'augmenter l'accroissement en volume des tiges résiduelles en diminuant le degré de compétition entre elles (Zahner et Whitemore, 1960;.Aussenac et al., 1984; Sheedy et Bertrand, 1997).

Ce phénomène s'explique par le fait que, en réponse à l'éclaircie, on assiste à une augmentation de la disponibilité de la lumière, de l'eau et des nutriments dans les peuplements alors que ces ressources sont partagées entre un nombre moindre d'individus (Aussenac et al., 1995). L'élévation de la quantité de lumière induit une augmentation de la croissance des arbres (Mayor et Rodà, 1993) due à l'augmentation de l'activité photosynthétique (Day et Nanang, 1996) et une accélération de la croissance racinaire due à la pénétration de la lumière jusqu'au sol (Aussenac et al., 1982)**.**

II.10.2.2. L'élagage

L'élagage est un traitement qui consiste à couper les branches vivantes et mortes sur la portion inferieure de la tige d'un arbre. La persistance des branches occasionne la formation de gros nœuds (Bellard et al., 1988) tout en maintenant un défilement prononcé du tronc (Keller et Thiercelin, 1984). Même mortes, les branches persistent longtemps sur le tronc avant de s'élaguer naturellement (Mäkinen, 1999).Un nœud est un défaut qui interrompt l'homogénéité du bois et diminue sa résistance. Les caractéristiques des nœuds (grosseur, nombre) et condition (mort ou vivant)plus que tout autre caractéristique du bois influencent le degré d'acceptabilité des bois commerciaux et l'usage qu'il peut en être fait (Brazier, 1977). Les grumes sans nœuds sont destinées à des utilisations plus valorisantes (déroulage par fabrication de contreplaque, traçage, ébénisterie.). Un lot de bois de hautes qualités élaguées se négocie plus cher qu'un lot non élagué. Le défilement de tige peu prononcé est avantageux pour les opérations de débitage puisque la proportion du volume utilisable est moindre (Fight et al., 1993).

Dans le cas d'un peuplement résineux aménagé, l'élagage est indispensable si l'on veut produire une quantité significative de bois sans nœuds à l'intérieur de la période de révolution (Tremblay et La flèche, 2012). Il faut intervenir le plus tôt possible pour concentrer les nœuds au centre de la bille, et ainsi maximiser la production de bois de qualité. L'idéal est d'élaguer lorsque le diamètre de l'arbre atteint le 1/3 de celui recherché au moment de la récolte.

Les branches seront sectionnées au ras du tronc, en respectant le bourrelet cicatriciel et sans laisser de chicots (voir Figure 2). Il est essentiel de disposer d'outils bien affûtés et adaptés à la nature de l'opération.

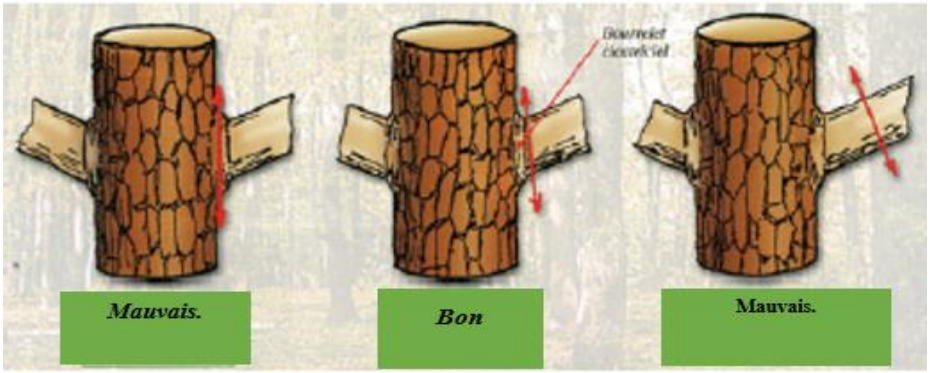


Figure 2.Conduite de la pratique d'élagage.

Source :https://ifc.cnpf.fr/sites/socle/files/cnpf-old/498134_l_elagage_artificiel_des_resineux_1.pdfVisite le 28/11/2023 à 12h 22min.

Afin d'obtenir un bénéfice sylvicole et économique optimal, la pratique d'élagage doit se conformer à certaines modalités d'exécution notamment :

- ✓ l'intensité (proportion de la cime vivante enlevée) ;
- ✓ le choix d'un bon outil et
- ✓ la saison d'intervention.

En pratique, l'élagage débute lorsque les arbres ont un diamètre de 20 cm, ce qui correspond à une hauteur de 12-15 m et à un âge de 12 à 18 ans selon l'essence et la zone climatique. Cela coïncide généralement avec la 1ère éclaircie. Une intensité d'élagage au-delà d'un seuil maximum recherché ralentit la croissance des arbres traités. Pour ce qui est de l'outil, le choix sera fait en fonction de la hauteur d'élagage, de la grosseur des branches et de l'accessibilité.

CHAPITRE III. MATERIEL ET METHODES.

III. 1. Description de la zone d'étude

Le massif forestier de Vyanda qui a fait objet de notre étude couvre une superficie totale à la plantation de **4985,46ha.** Il compte 207 parcelles installé pendant 7 campagnes de plantation *: 1980-1981, 1981-1982, 1982-1983, 1983-1984, 1984-1985, 1985-1986 et 1987-1988.*

Sur base des hauteurs dominantes mesurées ; les conditions édaphiques et topographiques, l'inventaire de 2009 (Ndorere, 2009) a fait un classement des parcelles par classes de fertilité, et 3classes ont été retenues :

- *Pour une hauteur dominante supérieure ou égale à 20 m : classe I*
- *Pour une hauteur dominante comprise entre 16m et 19m : classe II*
- *Pour une hauteur dominante inférieure ou égale à 15 m: classe III*

Les deux premières classes de fertilité (I et II) sont proposées pour des parcelles de production totalisant une superficie de 1 606,4ha, ce sont celles qui ont fait objet de notre étude ; tandis que les parcelles de la classe III (1596,44ha) sont proposées pour la protection. Signalons aussi 1652 ha de ce massif qui ont été détruites par le feu de brousse et par des coupes illicites.
Au niveau des interventions sylvicoles antérieures, le peuplement a été soumis à deux élagages et une éclaircie presque sur l'ensemble du chantier mené jusqu'en 1990 ainsi qu'à la deuxième éclaircie exécutée sur quelques parcelles de production (classe I et II) en 2010.

III.1.1. Situation géographique

Le massif forestier de Vyanda est situé dans la partie méridionale du pays (Figure 3) dans une bande située entre 3 et 15km à partir de la rive Est du lac Tanganyika au sud-ouest de la commune Rumonge. Il est érigé sur les pentes escarpées qui surplombent la plaine de l'Imbo et le Lac Tanganyika.

Le massif forestier de Vyanda se situe dans les provinces Bururi et Rumonge et s'étale sur deux grands secteurs : Bururi et Vyanda. Il couvre 3 communes à savoir : Vyanda et Bururi de la province Bururi ainsi que la commune Rumonge de la province Rumonge. L'altitude varie de 900m à 2100m avec des pentes allant de 30 à 80% (Rufuguta ,2010)

III.1.2. Sols

Les sols sont acides en surface. La texture est souvent argileuse avec la présence d'un horizon humifère (Kakunze, 2019). On observe aussi la présence d'une grande variété de sols selon le niveau complexe des pentes qui caractérise chaque colline et selon les grandes familles de roches affleurantes. Les sols les plus répandus sont les hygroxéroferralsols qui se sont développés sur des matériaux les plus divers. Ils couvrent de grandes superficies des terrains d'altitude moyenne. Ils occupent des positions topographiques variables, tels les sommets des collines, les versants d'inclinaison faible à modérée, les zones de colluvions.

Ces sols passent à des hygroxéroferrisols sans horizon ferralitique sur les plus grandes pentes (supérieures à 35 %). Sur les crêts quartzitiques et les sommets aiguës qui surplombent les paysages ou sur certains versants très accidentés, dominent les lithosols, plus pauvres et moins profonds (moins de 50 cm).
Dans les marais et les bas-fonds prédominent les sols organiques, associés à des régogleys, des régosols et des hydro-kaolisols dans les secteurs jouissant de meilleures conditions de drainage.

III.1.3. Climat

Le massif forestier de Vyanda jouit du climat des 3 régions naturelles dont elle fait partie.
Le climat de la région naturelle du Bututsi est de type tropical tempéré de par l'altitude, avec 4 mois de saison sèche et 8 mois de saison pluvieuse. La pluviosité moyenne annuelle et d'environ 1300 mm ; les mois les plus arrosés vont de Décembre à Avril avec une moyenne de l'ordre de 200 mm par mois (170 mm en mars et 232 mm en décembre) (IGEBU, 2022). La température moyenne varie entre 15 ° et 17°C. L'humidité de l'air est plutôt élevée durant toute l'année (+70%).

La région naturelle de Mumirwa connaît un climat tropical à courte saison sèche. La température moyenne est de 24°C avec la moyenne des minima de 18.5°C. L'humidité relative moyenne est faible et avoisine 70 %. Les minima sont inférieurs à 50 % en saison sèche (Nduwimana et al., 2011).

L'Imbo comme le Bututsi et le Mumirwa connaissent 8 mois de saison des pluies et 4 mois de saison sèche. La pluviosité moyenne est de 1050 mm. La température moyenne est de 24°C avec la moyenne des minima de 18.5°C. L'humidité relative moyenne est faible et avoisine 70 %. Les minima sont inférieurs à 50 % en saison sèche.

III.1.4. Végétation

Dans l'ensemble, la végétation est faite par des plantations des *Pinus sp*. L'espèce dominante est le *Pinus patula* à côté du *Pinus elliottii*, *Pinus kesiya*, *Pinus oocarpa, Pinus caribaea.*
Des galeries forestières s'observent dans presque tous les bas-fonds avec des essences comme *Pycnanthus angolensis, Albizia grandibracteata*, etc. Au-delà de cette altitude, la réserve comprend des espèces typiques de la forêt ombrophile de montagne comme *Macaranga kilimandscharica, Myrianthus holstii, Symphonia globulifera et Polyscias fulva*. Elles juxtaposent souvent avec ces plantations de *Pinus* (Kakunze, 2019).

III.2. Collecte des données.

Un travail de Revue documentaire a permis d'abord l'identification et la collecte des documents en rapport avec le massif forestier et une reconnaissance sur terrain a été réalisée pour identifier la localisation exacte des différentes parcelles ainsi que les traitements sylvicoles effectuées au sein de chacune d'elles.

La récolte des données de terrain a été réalisée au cours de l'opération d'inventaire forestier réalisées en en 2022 et au cours des périodes antérieures comme 2009 et 1990.

Ce qui a permis de relever les principaux paramètres dendrométriques du massif forestier de Vyanda tels que la circonférence de référence, la circonférence dominante, la hauteur dominante et la densité. La surface terrière et la production ligneuse exprimées respectivement en m2 par ha et en m^3par ha ont été calculés au niveau de chacune des placettes échantillons.

Le type d'inventaire utilisé est l'échantillonnage systématique; les unités de récolte ou placettes échantillons sont choisies selon un schéma rigide du type grilles régulières (Schmidt-Haas . et al. 1978)**.**

La technique utilise un sondage sur base du maillage tel que l'indique la figure 4 qui illustre le cheminement pour atteindre les différents centres des placettes échantillons.

La progression à travers le massif suivait les directions préalablement déterminées en fonction du maillage. Les directions ont été déterminées à l'aide des boussoles et la distance mesurée à l'aide du topofil ou du GPS. La figure 4montre le cheminement pour atteindre les différents centres de placette. Le rayon de chaque placette étant de 12.6m.

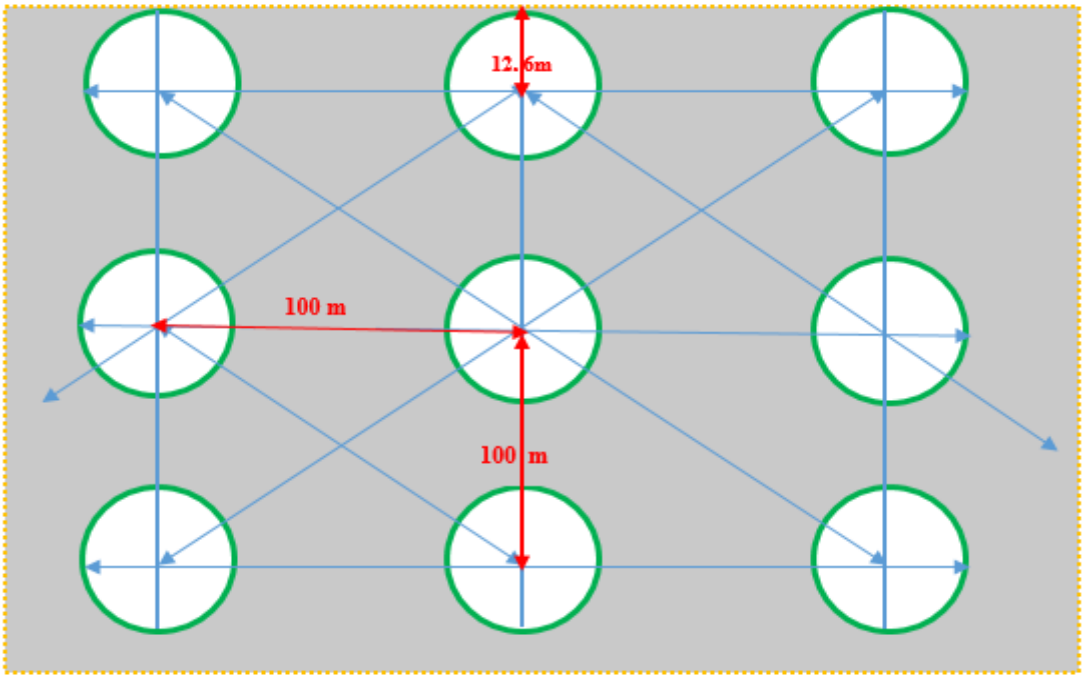


Figure 3. Cheminement entre les centres de placettes.

Source : Auteur,2022

Après le repérage du centre de la placette, sa délimitation s'est effectué à l'aide du dendromètre de Suunto ou de Blume Leiss munis de viseurs optiques à travers lesquels on observait la mire Pardé dont la distance entre ses voyants était préalablement étalonnée en fonction de la superficie de la placette et de la pente du terrain (voir annexe 5). Plus la pente était grande, plus le rayon de la placette augmentait. Un tableau de conversion indiquant la distance horizontale en fonction de la distance parcourue et de la pente était mis à notre disposition.

- ✓ Choix des parcelles échantillons

Le choix des parcelles échantillons a été dicté d'une part par la classification des parcelles par classe de fertilité (voir Annexe 3) et d'autre part par la situation sur terrain.

Le choix des parcelles échantillons a tenu compte des critères suivants :

- Les parcelles ont été choisies parmi les séries de production selon la classification de l'inventaire de 2009 (Annexe 3),
- La répartition spatiale des parcelles pour couvrir l'ensemble du massif ayant l'objectif de production, au total 489,51 ha de *Pinus patula* (annexe 3) font parties des séries d'aménagement de classe de fertilité I et II (Ndorere, 2009)
- La proximité des parcelles ayant subi les différents traitements (CEE : coupe avec 2 éclaircies, CE : coupe avec une seule éclaircie et C0: parcelles sans aucune coupe).

Compte tenu du nombre limité de parcelles ayant subi deux éclaircies(CEE), le nombre de parcelles échantillons a été fixé à 11 totalisant plus de 55 placettes échantillons.
Pour réaliser une comparaison entre les parcelles ayant subi les différents traitements, la récolte des données de terrain s'est effectué sur un ensemble de 11 parcelles de *Pinus patula* dont 4 parcelles ont bénéficié un traitement sylvicole avec CE, 4 parcelles avec un traitement de CEE et 3 parcelles ont subi un traitement de C0. Ces parcelles ont été choisies sur toute l'étendue du massif au niveau des parcelles composées *de Pinus patula*. Chacune des parcelles est subdivisée en placettes circulaires de cinq ares à raison d'une placette par ha.

Les mesures ont été effectuées au sein des placettes de 5 ares, pour chaque parcelle, au moins une placette pour chaque ha de boisement a été inventoriée. Au sein de la placette, tous les individus d'arbres ont été dénombrés et leur circonférence de référence et hauteur totale.
La distance entre deux centres de placettes consécutives était de 100 m. Cette distance était ajustée chaque fois en fonction de la pente du terrain. Les coordonnées GPS de chaque parcelle (Annexe 6) ont été prises pour la réalisation de la localisation spatiale des parcelles échantillons (Figure 3) ci-dessous.

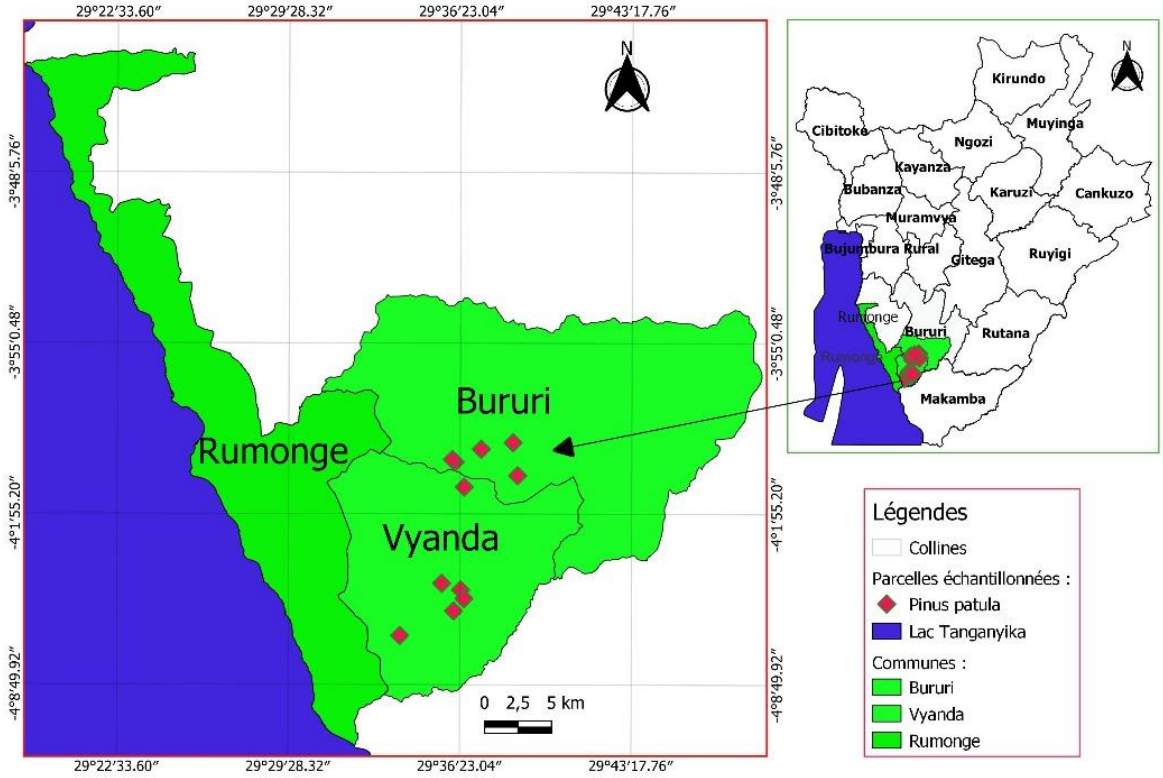


Figure 4. Localisation de la zone d'étude : Carte spatiale des parcelles_echantillons de Pinus patula

Source : Auteur, 2022

III.3. Matériels utilisés.

Les matériels utilisés et leurs fonctions sont présentés dans le tableau 2 et leur photos en annexe 4.

Tableau 2. Matériels utilisés lors de l'inventaire forestier et leurs fonctions.

Matériel de terrain		Fonction
1	GPS	Déterminer les coordonnées géoréférencées des parcelles inventoriées.
2	Dendromètres de Suunto et Dendromètre de Blume Leiss avec mire pliante	Mesurer les hauteurs des arbres
3	Clinomètre de Suunto	Mesurer la pente.
4	Mire Pardé avec dendromètre de Blume Leiss	Délimiter l'assiette des placettes
5	Boussoles	Cheminer et implanter les centres des placettes
6	Décamètre	Mesurer la distance au sol
7	Topofils de ceinture, Bobines à fils	Mesurer la distance entre les centres des placettes
8	Mètres rubans	Mesurer la grosseur des arbres
9	Fiches de terrain (ou d'inventaire) et des crayons	Consigner les données collectées sur les arbres
10	Cartes administratives	Localiser spatialement les parcelles échantillons sur les différentes collines
11	Une jeep tout terrain	Déplacer les équipements durant la mission
12	Un appareil photo numérique	Prendre des photos
13	Un ordinateur portable	Enregistrer et traiter les données

III.4. Traitement des données

A partir des données collectées sur terrain, les paramètres tels que le volume, surface terrière, la densité, la circonférence moyenne et la hauteur moyenne, la circonférence dominante et la hauteur dominante ont été calculés.

- Le volume, exprimé m^3/ha, a été obtenu en utilisant le tarif de cubage général à une entrée selon la formule : V = 0,1123322 - 0,292401 x D + 5,45368 x D^2. Où D en m représente le diamètre de référence à 1,30 m du sol.et V en m^3le volume (Rufuguta, 2010).
- La surface terrière est la somme des sections transversales des arbres réalisés au niveau des diamètres de références.

$$G = \sum_{i=1}^{n} g_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{\pi}{4} d^2{}_i$$

Avec G : Surface terrière (m²/ha), gi: Surface terrière de chaque arbre (m²/ha) et di : diamètre de chaque arbre à 1,30m du sol (m).

- La densité correspond au nombre de tiges dénombrées au niveau de chaque parcelle, exprimé en nombre de tiges à l'hectare.
- La circonférence moyenne est la moyenne de toutes les circonférences recensées au niveau des parcelles.
- La hauteur moyenne est la moyenne de toutes les hauteurs recensées au niveau des parcelles.
- La circonférence dominante : c'est la moyenne de deux plus grosses circonférences de la parelle
- La hauteur dominante : c'est la hauteur moyenne des deux plus gros arbres de la placette

Ces données ont été soumises à une analyse de la variance pour vérifier s'il y a une différence entre les traitements appliqués (C0, CE et CEE) en ce qui est de ces paramètres. L'analyse statistique des résultats, la classification des moyennes ont été faites avec le logiciel R (R core team, 2021. Le niveau de signification était de $p \leq 0,05$.

La normalité des données a été vérifiée par **le test de Shapiro-Wilk**. Pour vérifier l'égalité des variances le **test de Bartlett** a été utilisé pour les données normales et le **test de Levene** pour celles qui ne vérifiaient pas l'hypothèse de normalité.

Pour procéder à la comparaison des moyennes, **le test post hoc LSD** (Least Significant Difference) a été utilisé pour les données qui vérifient l'hypothèse d'égalité des variances. Pour les données qui ne vérifient pas l'hypothèse d'égalité des variances, **le test de Welch** est utilisé. Il s'agit d'une alternative à l'**ANOVA** mais qui est robuste. Si Welch est significatif, **le test de Tukey** a été conduit. Ces analyses ont été réalisées au moyen du logiciel R. Le niveau de significativité était de 5%. Le tableau 3 ci-dessous montre les normes d'interprétation des résultats de l'analyse de la variance.

Tableau 3. Normes d'interprétation des résultats d'analyse de la variance.

Probabilité		**Appellation pour le test de Fischer**
< 0,001		Très hautement significative
Comprise entre 0,001 et 0,01		Hautement significative
Comprise entre 0,001 et 0,05		Simplement significative
> 0,05		Non significative

III.5. Calcul du coût de l'inaction.

L'estimation du coût de l'inaction a tenu compte de la production ligneuse en volume par hectare pour les parcelles échantillons en fonction des différents traitements (CEE, CE et CO).

Les données d'inventaire actualisées de 2022 (Annexe 1) ont servi de référence pour montrer l'incidence des traitements sur la variation du rendement de la production ligneuse en fonction du type de traitement. L'évaluation monétaire a tenu compte des prix appliqués officiellement dans la vente des produits forestiers sur pied indiqués dans le tableau 4.

Le plan d'aménagement du massif Vyanda de 2009 réalisé dans le cadre de la FAO donne les proportions des types de produits attendus : 50% de bois d'œuvre, 30% de bois de service et 20% pour le bois d'énergie.

Tableau 4. Prix de vente des produits forestier sur pied et proportion par catégorie.

Type de produit	Prix par m^3 de bois sur pied	Proportion retenue par catégorie d'usage
Bois d'œuvre	25 200 FBu	50%
Bois de service	15 981FBu	30%
Bois de feu	12 785FBu	20%

Source : (MFBPE et MEAE, 2021)

CHAPITRE IV. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

IV.1. Présentation des résultats

IV.1.1. Paramètres structuraux

Il s'agit de paramètres dendrométriques tels que le volume, surface terrière, la densité, la circonférence moyenne et la hauteur moyenne, la circonférence dominante et la hauteur dominante qui ont été calculés sur base des données d'inventaire. Le tableau 5 donne les valeurs de ces différents paramètres selon le traitement.

Tableau 5. Valeurs moyennes des paramètres dendrométriques selon les types de traitements CO, CE, et CEE dans le massif forestier de vyanda, Burundi.

Traitement / Paramètre	C0	CE	CEE
S (ha)	67,69	101,24	88,22
Vol / ha (m^3/ha)	714	886	1075
Cm (Cm)	84	98	113
Hm (m)	22	20	21
Cdom (Cm)	129	146	147
Hdom (m)	27	25	26
N Tiges / ha	728	621	524
ST (m^2/ha)	40	47	52

IV.1.2. Incidence du type de traitement sylvicole sur la production en volume du peuplement de Vyanda, Burundi

Les résultats de l'ANOVA ont montré que les traitements appliqués ont présenté un effet très hautement significatif sur la production en volume du bois (P-value< 0,001) (Tableau 6). Les résultats du test de Tukey ont mis en évidence que les différentes moyennes du volume du bois sur pied sont statistiquement différentes. Ainsi, les parcelles ayant bénéficié d'une coupe en deux éclaircies présentent le volume moyen le plus élevé **(**1075/ha**).** Par contre, celles n'ayant bénéficié d'aucune coupe éclaircie (coupe zéro) présentent un volume moyen le plus petit (714 m^3/ha) (Tableau 7).

Tableau 6. Résultats de l'ANOVA montrant l'effet des traitements sur le volume du bois sur pieds dans le massif forestier de vyanda, Burundi.

Statistique		Degré de liberté numérateur	Degré de liberté dénominateur	P-Value
9.542		2	24,69371	0,00085

Tableau 7. Classification des moyennes du volume du bois sur pied en groupes homogènes dans le massif forestier de vyanda, Burundi.

Traitements	Différence	Lwr	upr	p adj
CE-CO	172.7622	-40,13953	385,66	0,131871
CEE-CO	361,7071	148,80536	574,608	0,0004902
CEE-CE	188,9449	-23,95686	401,846	0,0908527

Lwr : Limite inférieure de l'intervalle de confiance pour la différence entre les moyennes.

Upr : Limite supérieure de l'intervalle de confiance pour la différence entre les moyennes.

p adj : valeur de p ajustée pour les comparaisons multiples.

IV.1.3. Incidence des types de traitements sylvicoles sur la circonférence moyenne du peuplement de Vyanda, Burundi

Les résultats de l'ANOVA ont montré que **l**es traitements appliqués ont manifesté un effet significatif sur la Circonférence dominante des peuplements traités (P-value=0.0246) (Tableau 8.).

Les résultats du Test de Wilcoxon ont mis en évidence que les différentes moyennes de la circonférence sont significativement différentes. Elles sont classées en trois groupes (A, B et C). La plus grande différence s'observe entre les traitements CEE et CO et la plus petite différence entre les traitements CEE et CE. Ainsi, les parcelles ayant bénéficié d'une coupe de deux éclaircies ont la circonférence la plus élevée (113m). Par contre, celles n'ayant bénéficié d'aucune coupe (coupe zéro) ont la circonférence la plus petite (84m) (tableau 9).

Tableau 8. Résultats de l'ANOVA montrant l'effet des traitements sur la circonférence moyenne dans le massif forestier de vyanda, Burundi.

Source de variation	Degré de liberté	F	P-Value
Traitement	2	4,0515	0,0246
Résiduelle	42		
Total	44		

Tableau 9. Classification des moyennes de la circonférence moyenne en groupes homogènes dans le massif forestier de vyanda, Burundi.

Traitements	Moyenne	Classification des moyennes pour la circonférence en groupes homogènes				
		Versus moyennes		Valeur p.adj	Différence significatif	Groupes de moyennes homogènes
C0	84	C0	CE	0.00021	Yes	A
CE	98	C0	CEE	$4{,}6^{e}$-07	Yes	B
CEE	113	CE	CEE	0,00494	Yes	C

IV.1.4 Incidence du type de traitement sylvicole sur la circonférence dominante du peuplement de Vyanda, Burundi

Les résultats de l'ANOVA ont montré que **l**es traitements appliqués ont manifesté un effet significatif sur la Circonférence dominante des peuplements traités (P-value **=0.**0315) (Tableau 10). Les résultats du test post hoc LSD (Least Significant Difference) ont montré que les différentes moyennes de la circonférence dominante sont classées en 2 groupes A et B. Il existe une certaine homogénéité entre les circonférences dominantes de la coupe en une seule éclaircie et la coupe en deux éclaircies avec des valeurs respectivement 145,7 et 146,9. Mais une différence s'observe entre les deux traitements (CE, CE) et la coupe zéro(Tableau 11).

Tableau 10. Résultats de l'ANOVA montrant l'effet des traitements sur la circonférence dominante dans le massif forestier de vyanda, Burundi.

Source de variation	Degré de liberté	SCE	Variance	F	P-Value
Traitement	2	3005	1502.5	3.757	0,0315
Résiduelle	42	16796	399.9		
Total	44	1872813			

Tableau 11. Classification des moyennes de la circonférence dominante en groupes homogènes dans le massif forestier de vyanda, Burundi.

Traitements	**Moyenne**	**Groupe de moyenne**
CEE	146,9667	A
CE	145,7	A
C0	129,0333	B

IV.1.5. Incidence des types de traitements sylvicoles sur la hauteur dominante du peuplement de Vyanda, Burundi

Les résultats de l'ANOVA ont montré que les traitements appliqués ont présenté un effet significatif sur la hauteur dominante (P-value =0,0185) (Tableau 12). Les résultats du test post hoc LSD (Least Significant Difference) ont montré que les différentes moyennes de la hauteur dominante sont classées en 3 groupes A, AB et B. Mais, il y a une certaine homogénéité entre les hauteurs dominantes de la coupe en une seule éclaircie et la coupe en deux éclaircies) (Tableau 13).

Tableau 12. Résultats de l'ANOVA montrant l'effet des traitements sur la hauteur dominante dans le massif forestier de vyanda, Burundi

Source de variation	Degré de liberté	SCE	Variance	F	P-Value
Traitement	2	128,4	64.21	4,396	**0,0185**
Résiduelle	42	613,5	14.61		
Total	44	741.9			

Tableau 13. Classification des moyennes de la hauteur dominante en groupes homogènes dans le massif forestier de vyanda, Burundi

Traitements	Moyenne Hdom	Groupe de moyenne
CEE	26,15	A
CE	24,58	AB
C0	22,05	B

IV.1.6. Incidence des types de traitements sylvicoles sur la surface terrière du peuplement de Vyanda, Burundi

Les résultats de l'ANOVA ont montré que les traitements appliqués ont manifesté un effet significatif sur la surface terrière **(**P-value =0.021) (Tableau 16). Les résultats du test de post hoc LSD (Least Significant Difference) ont mis en évidence que les différentes moyennes de la surface terrière sont classées en 2 groupes (A et B). Ainsi, les parcelles ayant bénéficié de deux coupes éclaircies ont la surface terrière la plus élevée **(51** m^2/ha**).** Par contre, les parcelles n'ayant bénéficié d'aucune coupe (coupe zéro) ont la surface terrière la plus petite **(**40 m^2/ha). Une différence significative s'observe au niveau des parcelles ayant bénéficié d'une CEE et C0 (Tableau 14)

Tableau 14. Résultats de l'ANOVA montrant l'effet des traitements sur la surface terrière dans le massif forestier de vyanda, Burundi

Source de variation	Degré de liberté	SCE	Variance	F	P-value
Traitements	2	1057	528,3	4,208	0.021
Résiduelle	42	5272	125,5		
Total	44	6329			

Tableau 15. Classification des moyennes des surfaces terrière en groupes homogènes dans le massif forestier de vyanda, Burundi.

Traitements	Moyennes	Groupe de moyennes
CEE	51,90	A
CE	46,81	AB
CO	40,07	B

IV.1.7. Coût de l'inaction occasionné par la non application ou l'application tardive du traitement sylvicole au massif forestier de Vyanda, Burundi

Il ressort que de tous les traitements appliqués, seule la CEE donne beaucoup de produits dans toutes les catégories 537,5m^3 pour le bois d'œuvre 322,5m^3 pour le bois de services et 215m^3 pour le bois de feu, suivies de la CE avec 443m^3 ; 265,8m^3 et 177,2m^3 respectivement pour le bois d'œuvre ; le bois de services, le bois de feu, et enfin la C0 qui a enregistré pour le bois 357m^3 ; pour le bois de services 214,2m^3 et pour le bois de feu 142,8m^3 (Tableau 16).

Tableau 16. Produits attendus BO (bois d'œuvre) BS (bois de service) et BF (bois de feu) par hectare en fonction de la biomasse disponible des parcelles échantillons dans le massif forestier de vyanda, Burundi

Traitements	BO (m^3)	BS (m^3)	BF (m^3)
C0	357	214,2	142,8
CE	443	265,8	177,2
CEE	537,5	322,5	215

IV.1.7.1. Recettes escomptées par la mise en vente du bois du massif forestier de Vyanda en 2022

Les recettes escomptées par hectare après la vente des produits sur pied du peuplement forestier s'élèvent respectivement à 14 245 228 Fbu pour les parcelles n'ayant bénéficié d'aucune coupe, 17 676 851 Fbu pour les parcelles qui ont bénéficié la CE et à 21 447 648FBu pour les parcelles à CEE (Tableau 19).

Tableau 17. Recettes escomptées par la mise en vente du bois du massif forestier de Vyanda, Burundi en 2022

Traitement	Type de produit	Volume cumulé (m^3)2022	Prix Vente /m^3(Fbu)	Recettes totales (Fbu)
Coupe Zéro	Bois d'Œuvre	357	25200	8996400
	Bois de service	214,2	15981	3423130,2
	Bois de feu	142,8	12785	1825698
	Total	714	-	14 245 228
Coupe Eclaircie	Bois d'Œuvre	443	25200	11163600
	Bois de service	265,8	15981	4247749,8
	Bois de feu	177,2	12785	2265502
	Total	886	-	17 676 851
Coupe deux éclaircies	Bois d'Œuvre	537,5	25200	13545000
	Bois de service	322,5	15981	5153872,5
	Bois de feu	215	12785	2748775
	Total	1075	-	21 447 648

IV.1.7.2. Estimation du coût de l'inaction à la gestion durable du massif forestier de Vyanda, Burundi

Le manque à gagner est de sept millions deux cent deux mille cent dix-neuf franc burundais (7 202 419FBu) par ha en comparant la coupe en deux éclaircies et la coupe zéro. Le tableau 18 donne le coût de l'inaction par rapport aux différents traitements. La comparaison entre les 3 traitements donne le coût de l'inaction le plus élevé à trois milliards Cinq cent onze millions deux cent cinquante-un mille deux cent quatre-vingt-sept francs burundais (3 511 251 287 Fbu) sur l'ensemble du peuplement de *Pinus patula.*

Les résultats montrent que l'absence d'intervention sylvicole reste toujours préjudiciable au rendement du peuplement parce que la coupe zéro donne chaque fois le faible rendement ligneux et la plus faible valeur monétaire.

Tableau 18. Cout de l'inaction estimé sur l'ensemble du peuplement de Vyanda pour *Pinus patula*

Traitements versus		Manque à gagner /ha	Total du coût de l'inaction sur 489,51ha
C0	CE	3 431624	1 672 951 016
C0	CEE	7 202 419	3 511 251 287
CE	CEE	3 770 796	1 838 300 758

IV.2. Discussion des résultats

Les effets des trois traitements sylvicoles sur les différents paramètres dendrométriques varient d'un paramètre à un autre. Ainsi, les résultats de la comparaison des trois traitements (C0, CE et CEE) sur le volume du bois sur pied montrent que le rendement en m^3 à l'hectare pour le traitement avec CEE est supérieur à celui des autres traitements. Cela serait dû à l'accroissement en diamètre des arbres restants après l'éclairci en diminuant la concurrence entre les sujets. Ce résultat est conforme à ceux rapportés par (Nguyeje et al., 2022), à Sao hill forest en Tanzanie. Ces auteurs ont signalé que les parcelles éclaircies avaient des valeurs de volume par ha élevées par rapport aux parcelles non éclaircies. Le volume moyen par ha des peuplements éclaircis variait de 537,75 ± 0,61 m^3 /ha à 743,22 ± 0,98 m^3 /ha et celui des peuplements non éclaircis variait de 429,65 ± 0,58 m^3 /ha à 500,59 ± 0,38 m^3 /ha.

Des études similaires sur le rendement ont été menées dans des peuplements de *Pinus patula* au Malawi (Missanjo et Kamanga,2015) et en Tanzanie (Adegbehin, 1982). Les résultats ont montré que le volume du bois sur pied à l'hectare est élevé dans les peuplements éclaircis que dans les peuplements non éclaircis. Ces résultats s'expliquent par le fait que l'éclaircie diminue le degré de compétition entre les tiges (Sheedy et Bertrand,1997;Zahner et Whitemore, 1960),ce qui entraîne une croissance en diamètre accrue et la production des arbres de plus grand diamètre plus précieux (Elia, 2018).

L'hypothèse 1, qui stipule que la productivité du *Pinus patula* est fonction des traitements sylvicoles appliqués est donc vérifiée. Autrement dit, il y a une différence remarquable de production en m^3/ha entre les traitements. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'il y a eu des prélèvements en 1987 pour les parcelles qui ont bénéficié de la première éclaircie, en 1987 et 2009 pour celles qui ont bénéficié de deux éclaircies, ce qui aurait favorisé une croissance supplémentaire en diamètre et en volume des arbres restants. Ainsi, ces prélèvements ont été additionnés en 2022 pour trouver la biomasse totale pour la production de ces parcelles. Mais, pour la coupe zéro par exemple, les arbres miss en place il y a 40 ans sont restés sur place jusqu'en 2022.

L'un des objectifs de l'éclaircie est de produire des arbres plus gros avec un diamètre de référence plus élevé (Dykstra et Monserud, 2007). Selon les résultats de cette étude, la circonférence moyenne était plus élevée dans les traitements sylvicoles où des éclaircies étaient réalisées que dans les traitements non éclaircis.

La plupart des expériences d'éclaircie ont donné des résultats similaires. (Rupil, 2015) a signalé un accroissement plus élevé dans les peuplements de pin maritime avec éclaircies (5,3 cm/an) pour une densité de 800 tiges/ha et un accroissement de 3,5 cm/an pour des peuplements sans éclaircie, d'une densité de 1800 tiges/ha dans le massif forestier des Landes de Gascogne en France.

La même tendance s'observe pour la circonférence dominante. Les résultats ont montré que **l**es trois traitements appliqués ont manifesté un effet significatif sur la Circonférence dominante des peuplements traités. Cela s'expliquerait par une faible concurrence dans les peuplements éclaircis, ce qui peut permettre à un arbre d'atteindre le diamètre et la forme de tige souhaités (Pérez, 2005).

De plus, les opérations d'éclaircie, lorsqu'elles sont correctement effectuées, ont tendance à augmenter l'espacement des arbres, ce qui a un effet significatif sur la rectitude des tiges (Erasmus et al., 2018).

Quant à la hauteur dominante des peuplements, les résultats de la comparaison des traitements sylvicoles montrent que les traitements (CE et CEE) ont présenté un effet positif sur la hauteur dominante. La hauteur dominante était plus élevée dans les traitements sylvicoles avec éclaircie que dans les traitements sans éclaircie. Les résultats de l'étude sont conformes à ceux rapportés par (Zhang et al., 2006) Ils ont rapporté qu'une éclaircie intensive (2,13 m, ou 2 212 tiges/ ha) dans un peuplement de pins gris augmentait la hauteur des arbres de 13,1 % par rapport à un peuplement non éclairci. Cependant, ces résultats sont différents de ceux rapportés par (Álvarez et al., (2002),Yatich, (2009) et Ngaga (2011) qui ont signalé que l'éclaircie a peu d'impact sur la croissance en hauteur des arbres restants dans un peuplement. La différence pourrait s'expliquer par une éclaircie inadéquate d'une part, et des coupes illicites observées dans quelques parcelles d'autre part. Un niveau élevé de fertilité et la disponibilité de l'eau du sol dans le peuplement éclairci, pourraient aussi contribuer à la différence observée.

Parlant de la surface terrière, les traitements appliqués ont manifesté un effet hautement significatif sur les surfaces terrières moyennes des peuplements traités. La valeur la plus élevée s'observe au niveau des parcelles ayant bénéficié deux coupes éclaircies par rapport aux autres traitements. Cela serait dû à un espace suffisant entre les arbres, ce qui entraîne une augmentation de la largeur de l'arbre (Mäkinen et Isomäki, 20014). Ces résultats sont en contradiction avec ceux d'autres études menées par Malimbwi, et al.,(2016) sur *Pinus patula* et Skovsgaard, (2009) sur le pin sylvestre qui ont signalé que la surface terrière était élevée dans les peuplements non éclaircis par rapport à ceux ayant subis des coupes éclaircies. Cette différence pourrait s'expliquer par une éclaircie inadéquate, un niveau élevé de fertilité et la disponibilité de l'eau du sol dans le peuplement non éclairci, qui ont contribué à la différence observée Mäkinen et Isomäki, (2014).

En ce qui concerne le coût de l'inaction, les recettes escomptées par hectare après la vente des produits sur pied du peuplement forestier de vyanda à *Pinus patula*, s'élèvent respectivement à 14 245 228FBu par ha pour la coupe zéro, à 17 676 851Fbu pour une seule éclaircie et 21 447 648Fbu par ha pour le traitement à deux éclaircies.

De ces résultats, il ressort que l'application de la méthode de coupe de deux éclaircies apporterait beaucoup plus de recettes monétaires par rapport aux deux autres types de traitement. Ces résultats concordent avec ceux de Liechty et al. (1988) cités par Pregnant, (1998) selon lesquels les produits récoltés à partir de la deuxième éclaircie et jusqu'à la coupe finale ont plus de valeur.

En fin, le manque à gagner entre les trois traitements montre le coût de l'inaction le plus élevé estimé à trois milliards Cinq cent onze millions deux cent cinquante-un mille deux cent quatre-vingt-sept francs burundais (3 511 251 287 Fbu) sur l'ensemble du peuplement de *Pinus patula.*

Les résultats montrent aussi que l'absence d'intervention sylvicole reste toujours préjudiciable au rendement du peuplement parce que la coupe zéro donne chaque fois le faible rendement ligneux et la plus faible valeur monétaire. De ces résultats, la deuxième hypothèse selon laquelle les traitements sylvicoles augmentent la rentabilité économique des plantations forestières à *Pinus patula* est acceptée.

CHAPITRE V : CONCLUSION ET SUGGESTIONS

V.1. Conclusion.

Cette étude a été menée dans le massif forestier de vyanda, dans la parcelle de production à *Pinus patula*. Elle avait pour objectif d'évaluer la rentabilité économique des traitements sylvicoles et leur fréquence sur la productivité de cette essence.

Les traitements sylvicoles (éclaircies et élagage) ont joué un rôle important dans l'accroissement des peuplements puisque l'étude a montré que les parcelles éclaircies produisaient une biomasse sur pied plus élevée que celles non éclaircies (Coupe zéro). Des effets positifs des traitements sylvicoles sur le volume par hectare, la surface terrière par hectare et la circonférence ont été observés. Cela peut affecter le volume de bois et la perception des revenus sur les produits finaux. Des paramètres structuraux ayant les valeurs les plus élevées comme le volume, la surface terrière, la circonférence et la hauteur dominante sont rencontrés au niveau des parcelles qui ont bénéficié' un traitement de deux coupes éclaircies, suivi par celles ayant bénéficiés une coupe éclaircie. Par contre des valeurs moins élevées ont été observées au niveau des parcelles qui n'ont bénéficié d'aucune coupe (coupe zéro).
L'absence de traitements sylvicoles a une incidence remarquable sur la rentabilité des peuplements. En effet, le coût de l'inaction occasionné par l'absence des traitements ou l'application inadéquate de ces derniers s'élève à trois milliards Cinq cent onze millions deux cent cinquante-un mille deux cent quatre-vingt-sept francs burundais (3 511 251 287 Fbu) sur l'ensemble du peuplement de *Pinus patula* en 2022.

Ainsi, pour garantir une croissance et un rendement élevés de *Pinus patula* de ce massif forestier, il est souhaitable que toute la plantation soit éclaircie, afin de favoriser la régénération naturelle de ce dernier, créer des conditions pour la production d'arbres de grand diamètre pouvant produire des tailles différentes de bois pour répondre à la demande du marché local et international.

V.2. Suggestions.

A l'OBPE

- ✓ De planifier l'exploitation rationnelle du boisement de Vyanda à *Pinus patula* qui regorge beaucoup de recettes ;
- ✓ Elaborer des plans d'aménagement des plantations et les mettre en œuvre pour une gestion durable de ces ressources forestières ;
- ✓ De revoir la législation sur le commerce des produits forestiers (modalité de vente et de taxation) pour la mise à jours des prix des produits forestiers ;
- ✓ Renforcement des capacités des chefs de chantier, des techniciens du chantier pour la gestion durable de ce boisement ;
- ✓ Augmenter le personnel de gardiennage dans ce massif,
- ✓ Impliquer l'administration et la population locale dans la gestion de ce massif.

Aux responsables du massif forestier de Vyanda

- ✓ Renforcer la protection et le gardiennage de la forêt ;
- ✓ Contrôler et suivre de plus en plus les différentes parcelles du boisement même les plus éloignées ;
- ✓ Planifier et assurer la gestion et le suivi du massif.

Aux autres chercheurs

- ✓ Evaluer les autres services offerts par le massif forestier de Vyanda : services écosystémiques ; séquestration du carbone etc.
- ✓ Faire la modélisation économique des biens et services Ecosystémiques du massif forestier de Vyanda.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adegbehin J.O., 1982. Growth and Yields of *Pinus Patula* in Some Parts of Eastern Africa with Particular Reference to Sao-Hill, Southern Tanzania. The Commonwealth Forestry Review, 61 (1): 27-32.

Alaoui A., Laaribya S., ET Najib G., 2011. Production, croissance et modèles de conduite sylvicoles des principales essences (le pin maritime et le pin d'Alep) de reboisement au Maroc : Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty 11(1): 68 - 84.

Alia R., Martin S., 2011. Fiche technique d'European Forest Genetic Resources Programme pour la conservation génétique et l'utilisation du pin maritime (*Pinus pinaster*). Raffin, A. et E. Collin, traducteurs. Bioversity International, Rome, Italie, et Min. Agriculture, 6 p.

Álvarez G J., Schröder G.J., Rodríguez S.R., Ruíz Gonzalez A.D., 2002. Modelling the effect of thinnings on the diameter distribution of even-aged Maritime pine stands. Forest Ecology and Management, 165 (1) : 57-65. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00650-8.

Aussenac G., Granier A., Breda N., 1995. Effets des modifications de la structure du couvert forestier sur le bilan hydrique, l'état hydrique des arbres et la croissance. Revue forestière française, 47 (1) : 54-62.

Aussenac G., Granier A., Naud R., 1982. Influence d'une éclaircie sur la croissance et le bilan hydrique d'un jeune peuplement de Douglas (Pseudotsugamenziesii (Mirb.) Franco). Canadian Journal of Forest Research, 12 (2) : 222-231.

Aussenac G., Graniera., Naud R., 1984. Eclaircie systématique dans un jeune peuplement de Douglas : modifications microclimatiques et influences sur la croissance. Revue forestière française, 36 (4) : 279-88. https://doi.org/10.4267/2042/21738.

Beck, J., Citegetse G., Ko J., et Skye S., 2010. Burundi Environmental Threats and Opportunities Assessment (ETOA). USDA Forest Service International Programmes, United States Agency for International Development (USAID), 98 p.

Bekele T., 2017. Fungal Diversity and Succession Following Stand Development in *Pinus Patula* Schiede Ex Schltdl. & Cham. Plantations in Ethiopia. Forest Ecology and Management, 395: 9-18. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.032.

Bellard Louis A., et James N.L., 1988. Influence of stand density on log quality of lodgepole pine. Canadian journal of Forest research, 18 (7) : 911-916.

Bellefontaine R., Raggabi M., 1978a. Résultats provisoires des essais en blocs complets de provenances et d'origines de *Pinus pinea L*. au Maroc. Campagne d'essais 1976- 1977. Station de Recherche Forestière, Rabat, Document interne, 10 p.

Benomar L., 2015. « L'effet des travaux sylvicoles sur la qualité du bois et le cycle de carbone des plantations et des forêts naturelles.

Bentouati A., et Bariteau M., 2005. Une sylviculture pour le pin d'Alep des Aurès (Algérie). Forêt Méditerranéenne (4): 315-21.

Brazier J.D., 1977. The effect of forest practices on quality of the harvested crop. Forestry, 50 : 49-66.

Broilliard C. 1877. Le rôle des Pins et du Mélèze dans la production du sol. Revue des deux Mondes, 658-684.

CABI. 2019. *Pinus patul*a (Mexican weeping pine). CABI Compendium, 41682. https://doi.org/10.1079/cabicompendium.41682.

Day R. J., et Nanang D.M., 1996. Principles of thinning for improved growth, yield and economie profitability of lodgepole and jack pine, 1-12 in Proceedings. Commercial ThinningWorkshop, Whitecourt, AB, 17-18.

Debazac E.F., 1966. Les modalités de la croissance en longueur chez les Pins, Bulletin de la Société Botanique de France, 113 :sup1, 3-14. DOI : 10.1080/00378941.1966.10838449

De Ligne A., et Guizol P., 1987. Synthèse des recherches forestières effectuées au Burundi, Bruxelles publication agricole n° 12. Bruxelles, Belgique 194p.

Dykstra D.P., et Monserud R.A., 2007. Forest Growth and Timber Quality: Crown Models and Simulation Methods for Sustainable Forest Management Proceedings of an International Confrence. USD, Washington. 2007. https://www.barnesandnoble.com/w/forest-growth-and-timber-quality-u-s-department-of-agriculture/1121042602.

Elia H., 2018. Comparative analysis of profitability of thinned and unthinned commercial forest plantations with and without carbon revenues the case of plantations under green resources ltd and saohil forest plantations in mufindi district. Thesis, Mzumbe University http://repository.costech.or.tz//handle/11192/382.

Erasmus J., Kunneke A., Drew D.M., et Wessels B.C., 2018. The effect of planting spacing on *Pinus patula* stem straightness, microfibril angle and wood density. Forestry : An International Journal of Forest Research, 91(3) édition.

FAO., 1976. Amélioration de *Pinus pinea* au Maroc. Campagne d'essais 1976-1977. Station de recherche Forestière, Rabat, n° 8412 : 5 p.

FAO., 2004. Evaluation des Ressources Forestières Mondiales -mise à jour 2005. Spécifications relatives aux tableaux servant à l'établissement de rapports nationaux à soumettre à FRA 2005. Population (French Edition), Rome, 5 (4) : 764 p.

FAO. 2018. La situation des forêts du monde : Les forêts au service du développement durable. The State of the World's Forests (SOFO). Rome, Italy, 158 p.

Fight R.D., Natalie A., Bolon., et James M. Cahill. 1993. Financial Analysis of Pruning Douglas-Fir and Ponderosa Pine in the Pacific Northwest. Western Journal of Applied Forestry 8 (2): 58-61. https://doi.org/10.1093/wjaf/8.2.58.

Gahengeri G., et Ndihokubwayo A., 2011. Situation de la gestion des forêts communales et communautaires au Burundi. Yaoundé, Cameroun, 6 p.

Gernandt S., Lopez .G.G., Garcia S.O., Liston A., 2005. Phylogeny and Classification of Pinus. *TAXON*, 54 (1): 29-42.

Hagner. 1983. Pinus Contorta: Sweden's Third Conifer. Forest Ecology and Management, 6 (3): 185-99. https://doi.org/10.1016/S0378-1127 (83)80002-4.

Hale SE., 2003.The effect of thinning intensity on the below-canopy light environment in a Sitka spruce plantation. Forest ecology and managment, 179 1-3 :341-349.

Hamissou G., 2000. Collecte et analyse de données pour l'aménagement durable des forêts - joindre les efforts nationaux et internationaux : Les produits Forestiers Non-Ligneux au Niger Connaissances actuelles et tendances. *CE-FAO.*, 77 p.

IGEBU.,2022. Relevées climatologique de la station Tora.gitega- Burundi.

Kakunze A.C., 2019. Plan d'aménagement et de gestion de la réserve naturelle de vyanda (2019-2029). Document élaboré dans le cadre du Projet TCP/BDI/3702 : « Renforcement de l'intégrité physique des Aires Protégées et amélioration des conditions de vie des populations riveraines » financé par la FAO. Bujumbura, 80 p.

Karsenty A., 2019. Certification of Tropical Forests: A Private Instrument of Public Interest. A Focus on the Congo Basin. Forest Policy and Economics, 106: 25 p.

Keeley J.E., 2012. Ecology and Evolution of Pine Life Histories. Annals of Forest Science, 69 (4) : 445-53.

Keller R., et Thiercelin F., 1984. L'élagage des plantations d'Epicéa commun et de Douglas. Revue Forestière Française, n° 4 : 289. https://doi.org/10.4267/2042/21739.

Ledig F.T., 1999. Genic Diversity, Genetic Structure, and Biogeography of Pinus Sabiniana Dougl. Diversity and Distributions 5, 77–90.https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.1999.00037

Liechty H.O., David D. R, ET Glenn D. M., 1988. An Interim Economic Comparison of Thinning Treatments in a High Site Quality Red Pine Plantation. Northern Journal of Applied Forestry 5 (3): 211-15. https://doi.org/10.1093/njaf/5.3.211.

Louis L.,1963. Monographie pathologique des pins à deux feuilles. Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières, 20 (1), pp.073-112. ffhal-03483819.

Mäkinen H., 1999. Growth, suppression, death, and self-pruning of branches of Scots pine in southern and central Finland. Canadian Journal of Forest Research, 29 (5): 85-594.

Mäkinen H., et Isomäki A., 2004. Thinning intensity and long-term changes in increment and stem form of Scots pine trees. Forest Ecology and Management, 203 (1): 21-34. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.028

Malimbwi, R., Mugasha W.A., et Mauya S. D., 2016. Pinus patula yield tables for Sao Hill Forest plantations, Tanzania. Department of Forest Resources Assessment and Management, College of Forestry, Wildlife and Tourism, Sokoine University of Agriculture.

Mayor X., et Roda F., 1993. Growth response of holm oak (Quercus ilex L) to commercial thinning in the Montseny mountains (NE Spain). Annales des sciences forestières 50 (3): 247-56.

MFBPE., et MEAE. 2021. Ordonnance ministérielle conjointe n° 54033/1397 du 19/04/2021 portante règlementation des prix de vente, de transport des produits forestières et leurs dérives issus des forêts et boisements de l'état et des prives. Gitega, 6 p.

Missanjo E., et Kamanga G.T., 2015. Effect of First Thinning and Pruning on the Individual Growth of *Pinus Patula* Tree Species, 5p. https://doi.org/10.1007/s11676-015-0104-2.

Ndabirorere S., 1999. Collecte et analyse de données pour l'aménagement durable des forêts. Joindre les efforts nationaux et internationaux : La Revue et l'amélioration des données relatives aux produits forestiers au Burundi. *CE-FAO,* 36 p.

Ndorere V. 2009. Appui à la gestion des peuplements *d'Eucalyptus* et de Pinus et le partage équitable des bénéfices TCP 3202 : Résultats des travaux d'inventaire forestier sur les chantiers Gakara et Vyanda, Rapport de fin de mission. *FAO,* Bujumbura Burundi, 68 p.

Nduwamungu J., 2011. Plantations Forestières et Ilots Boisés au Burundi. African Forest Forum 1 (11) : 76 p.

Nduwimana A., Habonayo R., et Ndayizeye B., 2011. Caractéristiques structurales et écologiques des peuplements ligneux de la réserve naturelle forestière de Vyanda au sud-ouest du Burundi. Journal of Animal & Plant Sciences, 48 (3) : 8729-8 740.DOI:10.35759/JAnmPlSci.v48-3.4

NGAGA Y.M., 2011. Forest Plantations and Woodlots in Tanzania. African Forest Forum, 1 (16) 76 p.

Nguyeje P. C., Chamshama S.A.O., Mugasha W. A., 2022. Effects of Thinning on Growth, Yield and Stem Quality of Pinus Patula at Sao Hill Forest Plantation, Mufindi District, Tanzania. *Tanzania Journal of Forestry and Nature Conservation,* 91 (2): 202-13.

Pérez D., 2005. Stand growth scenarios for Tectona grandis plantations in Costa Rica. Dissertationes Forestales. https://doi.org/10.14214/df.1.

Pregent G., Savard F., Desaulniers G., 2001. Tarif de cubage à diamètre et longueur variables d'utilisation pour le pin gris en plantation au Québec. Gouv. du Québec. MRN. Dir. recherche.

Pregnant G., 1998. Eclaircie des plantations. Mémoire de Recherche forestière. n°133. Québec : Gouvernement du Québec. Ministère des ressources naturelles. Foret de Québec. Direction de recherche forestière.

R Core team. 2021. R: A language and environment statistical computing. R-Fundation for statistical Computing [Logiciel]. https:// www.R-project.org/.

Richardson D.M., 2000. Ecology and Biogeography of Pinus. Cambridge Univ. Press.

Richardson D.M., ET REJMANEK M., 2004. Conifers as Invasive Aliens: A Global Survey and Predictive Framework. Diversity and Distributions 10 (5-6) : 321-331.

Rufuguta E., 2010. Projet d'appui à la gestion durable des peuplements d'eucalyptus et de Pinus et le partage équitable des bénéficiaires. Plan d'aménagement du massif forestier de Gakara. Projet TCP / BDI / 3202,FOA. Bujumbura Burundi, 92 p.

Rupil L., 2015. Caractéristiques de la première éclaircie dans les peuplements de Pin maritime des Landes de Gascogne face aux évolutions actuelles. Mémoire de Master, Bordeaux : Université de bordeaux, 56 p. https://hal.inrae.fr/hal-02801955/document.

Russel S.G. 2008. The Genus Pinus. Core Historical Literature in Agriculture (CHLA), Cornel University 237p.

Ruzima S., 1996. Synthèse du rapport sur les effets de la crise socio-politique sur l'environnement au Burundi, Bujumbura Burundi, 56p.

SAntiago-Garcia W., Perez-Lopez E., Quiñonez-Barraza G., Rodriguez-Ortiz G., Santiago-Garcia E., Ruiz-Aquino F., Tamarit-UriaS J., 2017. A Dynamic System of Growth and Yield Equations for *Pinus patul*a. Forests 8 (12) : 13 p.

Schmid-Haas P., et al. 1978. Instructions pour l'inventaire de contrôle par échantillonnage. Rapport de l'institut fédérale suisse de recherche forestières n°186, 2eme Edition, 56p.

Sheedy G., et Bertrand V., 1997. Résultats de dix ans concernant les éclaircies en ligne réalisées dans les plantations de la forêt de Drummondville ». Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. 1997. https://mffp.gouv.qc.ca/nos-publications/resultats-eclaircies-ligne-plantations-foret-drummondville/.

Tissot M., 1968. Caractéristiques papetières de quelques pins introduits en Afrique et à Madagascar. Bois et Forêts des Tropiques, n^{o} 118 : 15 p.

Tremblay S., et Vincent L., 2012. Résultats obtenus 5 ans après traitement dans les placettes du réseau de la mesure des effts réels de l'éclaircie commerciale en peuplements résineux. Mémoire de recherche forestière 166. Québec : Direction de la recherche forestière.

Vauron, P. 1992. Burundi. Les projets forestiers. Bois et Forêts des Tropiques, 233. 3eme Trimestre: 21-34.

Wubalem T., et T Fidalgo F., 2023. *Pinus patula* Plantations in Africa: An Overview of Its Silvicultural Traits and Use under SDG | Intech Open. Inerconnecting Forest, science and people 56p.

Yatich SK., 2009. Diameter distribution prediction models for thinned slash and loblolly pine plantations in the Southeast - University of Georgia. Ph.D.Thesis, University of Georgia.

Zahner R., et Whitemore F.W., 1960. Early Growth of Radically Thinned Loblolly Pine | Journal of Forestry | Oxford Academic. *J. for. 58*p.

Zavala M.A., et Eduardo Z., 2004. Mechanisms Maintaining Biodiversity in Mediterranean Pine-Oak Forests: Insights from a Spatial Simulation Model. Plant Ecology, 171 (1/2): 197-207.

Zhang S Y., Gilles C., Edwin Swift D., et Duchesne I., 2006. Effects of precommercial thinning on tree growth and lumber quality in a jack pine stand in New Brunswick, Canada. Canadian Journal of Forest Research 36 (4) : 945-52. https://doi.org/10.1139/x05-307.

ANNEXES

Annexe 1 : Structure des parcelles inventoriées, inventaire 2022

Traitement	Parcelles	S. (ha)	NT/ha	Cmoy(cm)	Hmoy(m)	Cdom(cm)	Hdom(m)	G/ha(m^2)
C0	4.19	26,6	718	74	19	137	28	38
C0	4.14	25,42	774	75	16	141	31	43
C0	4.15	12,67	728	93	17	142	21	45
Moyenne			740	81	17	140	27	42
CE	3.02	21,65	733	83	21	152	25	40
CE	3.14	20,4	758	77	17	134	23	41
CE	3.26	22,84	588	89	22	162	26	36
CE	3.24	36,35	620	89	22	162	27	53
Moyenne			675	85	21	153	25	43
CEE	1.01	32	488	115	19	151	24	38
CEE	1.02	10	312	109	23	198	29	34
CEE	1.03	19	476	90	20	182	29	59
CEE	4.22	27,22	584	88	24	127	26	54
Moyenne			465	101	22	165	27	46

Annexe 2 : Inventaire 2009

TTT	Code	S (ha)	Circ.moy (Cm)	NT/ha	ST.m^2/ha	Biom.m^3/ha	Cdom.moy (cm)	Hdom.moy (m)
C0	4.19	26,6	73	806	34	195	110	18
C0	4.14	25,42	70	800	19	112	98	18
C0	4.15	12,67	65	728	18	102	94	13
			70	747	25	146	101	18
CE	3.02	21,65	82	384	20	160	107	20
CE	3.14	20,4	72	458	19	148	93	14
CE	3.26	22,84	80	356	40	138	104	18
CE	3.24	36,35	81	728	18	269	110	18
			79	482	24	179	104	18
CEE	1.01	32	71	373	16	110	93	17
CEE	1.02	10	74	425	20	143	108	22
CEE	1.03	19	87	355	20	141	114	22
CEE	4.22	27,22	84	552	33	237	124	20
			79	426	22	158	110	20

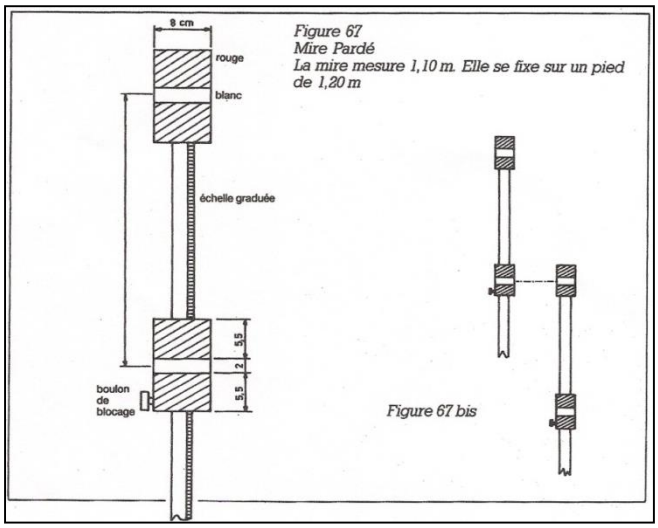
Annexe 3 : Classification des parcelles a *Pinus patula* par classe de fertilité.

Code	S(ha)	Espèce
Classe de fertilite I		
1.02	10	*Pinus patula*
1.02	**10**	*Pinus patula*
1.14	5,64	*Pinus patula*
2.13	4	*Pinus patula*
3.25	17,74	*Pinus patula*
3.29	39,73	*Pinus patula*
4.11	24,36	*Pinus patula*
4.22	27,22	*Pinus patula*
5.09	4,49	*Pinus patula*
S-total	143,18	*Pinus patula*
Classe de fertilité II		
1.01	32	*Pinus patula*
1.03	19	*Pinus patula*
1.10	4,33	*Pinus patula*
1.15	7	*Pinus patula*
2.05	39	*Pinus patula*
2.15	36	*Pinus patula*
3.21	9	*Pinus patula*
3.25	36,35	*Pinus patula*
4.13	28,03	*Pinus patula*
4.14	25,42	*Pinus patula*
4.17	30,4	*Pinus patula*
4.19	26,6	*Pinus patula*
4.28	20,06	*Pinus patula*
4.29	18,74	*Pinus patula*
4.31	14,4	*Pinus patula*
S-total	346,33	*Pinus patula*
Total général	**489,51**	*Pinus patula*

Annexe 4 : Matériels utilisés lors de l'inventaire forestier



Annexe 5 : La mire pardé



Distance entre les voyants de la mire en fonction de la pente du terrain

Pente α (degré)	Distance b (cm) entre voyants pour des surfaces de:				
	2 ares	4 ares	5 ares	10 ares	15 ares
0	23,9	33,9	37,8	53,5	65,6
5	24,0	34,0	38,0	53,7	65,8
10	24,3	34,4	38,4	54,3	66,6
15	24,8	35,0	39,2	55,4	67,8
20	24,4	36,0	40,2	56,9	69,7
25	26,3	37,3	41,7	58,9	72,2
30	27,5	38,9	43,5	61,5	75,3
35	28,9	40,9	45,7	64,7	79,2
40	30,7	43,4	48,5	68,7	84,1

Annexes 6. Localisation géographique des parcelles-échantillons de Vyanda

TTT	Parcelles	Code des parcelles	Superficie (ha)	Commune	sous-colline	Altitude	Coordonnées géo-référencées		Pente
							Latitude	Longitude	
C0	1	4.19	26,6	Bururi	Tarire	1806	0790641	9560347	28
C0	2	4.14	25,42	Bururi	Tongwe	1769	0789506	9557805	27
C0	3	4.15	19,43	Bururi	Tongwe	1797	0793442	9554887	18
CE	1	3.02	21,65	Bururi	Mpete	2019	0795742	9556580	11
CE	2	3.14	20,4	Bururi	Mpete	1984	0793833	9558087	10
CE	3	3.26	22,84	Vyanda	Karehe	1780	0785464	9544646	18
CE	4	3.24	36,35	Vyanda	Migera	1913	0788197	9548488	27
CEE	1	1.01	32	Vyanda	Rweza	1849	0789295	9547192	32
CEE	2	1.02	10	Vyanda	Rweza	1941	0789677	9547954	
CEE	3	1.03	19	Vyanda	Rweza	1928	0789422	9547548	27
CEE	4	4.22	27,22	Bururi	Tarire	1862	0791091	9558164	26

Annexes 7 : Ordonnance ministérielle conjointe portant règlementation des prix de vente, de transport des produits forestière et leurs dérives issus des forets et boisement de l'état et des prives.

REPUBLIQUE DU BURUNDI

ORDONNANCE MINISTERIELLE CONJOINTE N° 540.33/1379 **DU** 19/4/ **2021 PORTANT REGLEMENTATION DES PRIX DE VENTE, DE TRANSPORT DES PRODUITS FORESTIERS ET LEURS DERIVES ISSUS DES FORETS ET BOISEMENTS DE L'ETAT ET DES PRIVES.**

LE MINISTRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE,

LE MINISTRE DES FINANCES, DU BUDGET ET DE LA PLANIFICATION ECONOMIQUE,

Vu la Constitution de la République du Burundi ;

Vu la Loi n°1/010 du 30 juin 2000 portant Code de l'Environnement de la République du Burundi ;

Vu la Loi n°1/10 du 30 mai 2011 portant Création et Gestion des aires protégées au Burundi ;

Vu la loi n°1/17 du 10 septembre 2011 portant Commerce de Faune et de Flore Sauvages ;

Vu la loi n°1/07 du 15 janvier 2016 portant Révision du Code forestier ;

Vu le Décret n°100/240 du 29 octobre 2014 portant Création, Missions, Organisation et Fonctionnement de l'Office Burundais pour la Protection de l'Environnement;

Vu le Décret n°100/007 du 28 juin 2020 portant Révision du Décret n°100/037 du 19 avril 2018 portant Structure, Fonctionnement et Missions du Gouvernement de la République du Burundi ;

Vu le Décret n°100/069 du 24 septembre 2020 portant Missions, Organisation et Fonctionnement du Ministère des Finances du Budget et de la Planification Economique ;

Vu le Décret n°100/091 du 28 octobre 2020 portant Révision du Décret n°100/087 du 26 juillet 2018 portant Organisation du Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage ;

ORDONNENT:

Article 1er:

La présente Ordonnance Ministérielle Conjointe a pour objet de fixer les conditions de vente et de transport des produits forestiers et leurs dérivés issus des forêts et boisements de l'Etat et des privés.

Article 2 :

1° Dans la gestion durable des ressources forestières, le Ministère ayant les Forêts dans ses attributions suit le principe tracé dans le Code forestier «qui coupe reboise » qui implique que toute personne qui coupe un arbre procède automatiquement à la plantation de nouveaux plants, en remplacement des anciens pieds de même essence.

2° Toute coupe d'arbre dans les forêts et boisements de l'Etat et des privés est subordonnée à la délivrance d'un permis de coupe délivré par les services en charge des forêts au niveau communal avec le sous couvert de l'administration communale.

3° Sans préjudice du principe tracé par le Code forestier « qui coupe reboise », dans l'opérationnalisation de ce dernier, avant de demander l'autorisation de coupe, le privé doit d'abord montrer les arbres qu'il a plantés en remplacement de ceux qu'il veut couper.

Article 3 :

1° Par principe les arbres du domaine de l'Etat sont principalement destinés à la protection et à la production.

2° Pour les boisements et forêts de protection de l'Etat, le Ministère ayant les Forêts dans ses attributions s'assure qu'aucune autorisation de coupe à des fins commerciales ne porte sur une forêt/ un boisement de protection.

3° Pour toute autorisation d'exploitation des forêts et boisements de l'Etat, le Ministère ayant les Forêts dans ses attributions s'assure qu'il n'y a pas d'abattage systématique des arbres en privilégiant ceux qui ont atteint leur maturité, marqués par les services techniques de l'Office Burundais pour la Protection de l'Environnement.

Article 4 :

La délivrance d'un permis de coupe est subordonnée à l'acquittement préalable des frais d'autorisation de coupe de bois qui varient en fonction du volume de bois à couper et des catégories de bois (Bois d'œuvre, Bois de service, Bois de chauffage et Poteau électrique), toutes espèces confondues. Ces frais tiennent compte du coût de production (plantation et entretien) des boisements.

Article 5 :

Les frais d'autorisation de coupe pour le bois d'œuvre, le bois de service, le bois de chauffage et le poteau électrique sont donnés en annexe à la présente.

Article 6 :

1° Tout transport de bois d'œuvre, de bois d'ébénisterie, de bois de service, de bois énergie, de charbon de bois et d'autres produits forestiers, à des fins commerciales, est assujettie à l'acquittement des frais de transport qui sont fixés à 5% du prix de vente.

2° Les frais d'autorisation de transport sont revus à la hausse pour dissuader et décourager les trafiquants des produits forestiers en provenance des forêts et boisements de l'Etat.

Article 7 :

La collecte et l'encaissement des frais d'autorisation de coupe et des frais de transport visés à l'article 5 et 6 ainsi que le résultat de la vente des boisements et forêts du domaine de l'Etat est fait par l'Office Burundais des Recettes conformément à la loi n°1/12 du 25 novembre 2020 relative aux procédures Fiscales et non Fiscales.

Article 8 :

En vue de préserver certains bois de service comme les perches et ainsi protéger l'environnement, une règlementation spécifique est élaborée pour privilégier les échafaudages métalliques pendant la construction et interdire l'utilisation des perches.

Article 9 :

Pour les dispositions qui ne sont pas prévues dans la présente ordonnance, on se référera à la loi n°1/07 du 15 juillet 2016 portant révision du code forestier.

Article 10 :

La présente Ordonnance Ministérielle Conjointe fera objet d'actualisation chaque fois que de besoin.

Article 11:

La présente Ordonnance Ministérielle Conjointe entre en vigueur le jour de sa signature.

Fait à Gitega le ...../...../2021

LE MINISTRE DES FINANCES, DU BUDGET ET DE LA PLANIFICATION ECONOMIQUE	**LE MINISTRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE**
Dr. Domitien NDIHOKUBWAYO	**Dr. Déo-Guide RUREMA (PhD)**

Annexe 1 : Estimation du coût de production

Type de bois	Coût de production (FBU/m³)
Bois d'œuvre	21 452
Bois de feu	10 881
Bois de service (perches)	13 601
Poteau	17 409

Annexe 2 : Calcul du prix de vente du bois sur pied (FBU/m³)

Produit	Coût de production (FBU/m³)	Ecart par rapport au prix du Marché (FBU/m³)	Prix de vente (FBU/m³)
Bois d'œuvre	21 452	3748	**25 200**
Bois de feu	10 881	1904	**12785**
Bois de service (perches)	13 601	2380	**15981**
Poteau	17 409	3047	**20456**

Annexe 8 : Fiches d'inventaire

Fiche 1 : Identification du boisement et relevés de données géo référencées

<table>
<tr><td colspan="2">Responsable :</td><td colspan="2">Date :</td><td colspan="2">Conditions de travail :
Inventaire systématique</td><td colspan="2">Observations :</td></tr>
<tr><td colspan="2">Province :</td><td colspan="2">Commune :</td><td colspan="2">Colline :</td><td colspan="2">Sous-colline :</td></tr>
<tr><td colspan="3">Code du boisement :</td><td colspan="3">Propriétaire :</td><td colspan="2">Catégorie : Dom : Domanial</td></tr>
<tr><td colspan="3">Essence(s) : Régime :
Types d'intervention : C1 :
C2 :
C3 :
1 : 1ere éclaircie
2 : 2eme éclaircie
3 : sans intervention</td><td colspan="3">S en ha : 05</td><td>Pente (%) :</td><td>Age :</td></tr>
<tr><td colspan="8">Données géoréférencées du boisement</td></tr>
<tr><td colspan="2">Altitude :</td><td colspan="3">Latitude :</td><td colspan="3">Longitude :</td></tr>
<tr><td colspan="8">Etat général du boisement</td></tr>
<tr><td colspan="2">Feux de brousse :</td><td colspan="2">Coupes illicites :</td><td colspan="2">Défrichements :</td><td colspan="2">Types de travaux antérieurs :</td></tr>
<tr><td colspan="8">Autres observations :</td></tr>
</table>

Légende : Dom : domanial

Fiche 2 : Fiche d'inventaire en plein ou systématique

Responsable de l'équipe :			**Date** :		**Observations :**		
Identification du boisement :	**Province :**	**Commune :**	**Colline :**	**Sous colline :**	**Essence** :	**Age :**	**S (ha) :**
Coordonnées géoréférencées : **Alt : 1959 m Lat : $3^0$30'7'' Long : $29^0$26'57''**				**Appartenance** : Dom			

Répartition des circonférences de références des arbres en différentes classes (en cm)

	0-19	**20-39**	**40-59**	**60-79**	**80-99**	**100-119**	**120-139**	**140-159**	**160-179**	**180-199**	**200-219**	**220-239**	**240-259**	**≥260**
P1														
P2														
P3														

Fiche 3 : Fiche de relevée des hauteurs des arbres de la placette (cas d'inventaire en plein)

Responsable de l'équipe :					**Date** :		**Observation :**
Identification du boisement :	Province :	Commune :	Colline :	Sous colline :	Essence :	Age :	S (ha) :
	Coordonnées géoréférencées : Alt : **Lat :** **Long :**						**Appartenance** :

Données sur la hauteur et la circonférence de référence des arbres de la placette

Essences	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$	H et $C_{1.30}$

Légende : Long : Longitude

Lat : Latitude

Alt : Altitude

Fiche 4 : Relevée des données de la grosseur et hauteur des arbres en cas d'inventaire statistique

Responsable de l'équipe :			**Date** :		**Observations :**		
Identification du boisement :	**Province** :	**Commune** :	**Colline** :	**Sous colline** :	**Essence** :	**Age** :	**Surface du boisement (ha) :**
Coordonnées géoréférencées :		**S (placette) :**	**Appartenance** :				

N^{O} des placettes	**Répartition des circonférences de références des arbres en différentes classes (en cm)**												**Hdom et Cdom**	
	0-19	**20-39**	**40-59**	**60-79**	**80-99**	**100-119**	**120-139**	**140-159**	**160-179**	**180-199**	**200-219**	**≥220**	**Arb1**	**Arb2**
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														