

Effets de l'agroforesterie et des plantes mères sur la croissance et la survie du teck (*Tectona grandis* Linn. f. 1782) à Yanonge, en République démocratique du Congo

John Ndjele Mpapa-Mwabi^{1*}
 Serge Alebadwa Mombenga²
 Eliezer Batshamba Ikombele³
 Jean-Claude Monzenga Lokela⁴
 Hippolyte Nshimba Seya Wa Malale⁵

^{1*} njohnndjele@gmail.com

^{1,2,3,4,5} Université de Kisangani, République Démocratique du Congo

<https://doi.org/10.51867/ajernet.7.2.124>

RESUME

Face à la déforestation alarmante liée à la pression anthropique autour de la réserve de biosphère de Yangambi en République démocratique du Congo, l'introduction d'essences à croissance rapide comme le Teck (*Tectona grandis*) représente une alternative durable. Cependant, cette essence est exotique et totalement inconnue des populations de Yanonge. On ignore encore comment le Teck s'adapte aux conditions écologiques locales et comment sa croissance juvénile interagit avec les systèmes agraires régionaux selon l'origine des semences. Cette étude vise à évaluer la possibilité de cette introduction à travers deux objectifs : (i) déterminer le taux de reprise et de mortalité des plants en fonction des plantes mères et des associations, et (ii) évaluer la vitesse de croissance juvénile selon ces mêmes facteurs. Le dispositif expérimental a été installé sur un terrain plat de 2,25 ha, subdivisé en 9 blocs. Trois traitements sylvicoles (répétés 3 fois) ont été testés : Teck en monoculture (T3), Teck associé aux cultures vivrières maïs/arachide (T2), et Teck associé aux cultures pérennes cacaoyer/bananier (T1). Les plantules ont été issues de trois plantes mères (PM1, PM2, PM3). Les mesures dendrométriques (hauteur et diamètre au collet) ont été effectuées à un intervalle régulier de 3 mois pendant un an sur un échantillon validé de 654 individus. Les résultats révèlent une excellente réussite d'établissement, avec un taux de reprise global supérieur à 93 %. L'analyse statistique (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) montre que les associations ont une influence hautement significative sur la croissance en diamètre ($p = 0,0001$), le système Teck + Maïs + Arachide (T2) stimulant le plus le développement radial (0,91 mm/mois). En revanche, aucun effet statistiquement significatif n'a été observé sur la croissance en hauteur ($p = 0,4339$). L'effet de la plante mère s'est avéré déterminant pour la survie initiale (PM1 affichant 96,36 % de reprise), mais s'est estompé sur la croissance. En conclusion, l'introduction du Teck à Yanonge est techniquement viable. Il est pratiquement recommandé aux structures de reboisement et aux décideurs politiques de vulgariser l'association Teck + Maïs + Arachide, car elle concilie la production de bois d'œuvre, le maintien du potentiel de séquestration du carbone et la sécurité alimentaire immédiate des communautés locales.

Mots clés : Association, Croissance, Plantule, Teck, Tshopo

ABSTRACT

In light of the alarming deforestation caused by human pressure around the Yangambi Biosphere Reserve in the Democratic Republic of the Congo, the introduction of fast-growing tree species such as teak (*Tectona grandis*) represents a sustainable alternative. However, this species is exotic and completely unknown to the people of Yanonge. It is still unclear how teak adapts to local ecological conditions and how its early growth interacts with regional agricultural systems depending on the origin of the seeds. This study aims to assess the feasibility of this introduction through two objectives: (i) to determine the survival and mortality rates of seedlings based on parent plants and combinations, and (ii) to evaluate juvenile growth rates based on these same factors. The experimental design was established on a flat 2.25-hectare plot, subdivided into 9 blocks. Three silvicultural treatments (repeated three times) were tested: teak in monoculture (T3), teak combined with food crops (maize/groundnut) (T2), and teak combined with perennial crops (cocoa/banana) (T1). The seedlings were derived from three mother plants (MP1, MP2, MP3). Dendrometric measurements (height and diameter at breast height) were taken at regular 3-month intervals over the course of a year on a validated sample of 654 individuals. The results reveal excellent establishment success, with an overall survival rate exceeding 93%. Statistical analysis (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$) shows that the combinations have a highly significant influence on diameter growth ($p = 0.0001$), with the Teak + Maize + Peanut system (T2) stimulating radial growth the most (0.91 mm/month). In contrast, no statistically significant effect was observed on height growth ($p = 0.4339$). The effect of the mother plant proved decisive for initial survival (PM1 showing 96.36% survival), but diminished with regard to growth. In conclusion, the introduction of teak in Yanonge is technically viable. It is strongly recommended that reforestation organizations and policymakers promote the Teak + Maize + Peanut combination, as it reconciles timber production, the maintenance of carbon sequestration potential, and immediate food security for local communities.

Keywords: Association, Growth, Seedling, Teak, Tshopo

I. INTRODUCTION

Les forêts sont une source de nourriture, de remèdes et de combustible pour plus d'un milliard de personnes. Outre qu'elles concourent aux mesures prises face au changement climatique ainsi qu'à la protection des sols et des ressources en eau, les forêts abritent plus des trois quarts de la biodiversité terrestre. Elles fournissent de nombreux produits et services qui contribuent au développement socioéconomique, et revêtent une importance particulière pour des centaines de millions de personnes qui vivent en milieu rural, et notamment bon nombre des plus pauvres dans le monde [1].

La gestion durable des forêts est aujourd'hui une préoccupation majeure, notamment dans les régions tropicales qui sont confrontées à une déforestation alarmante [2].

L'Afrique centrale qui abrite la deuxième plus grande étendue de forêt tropicale humide du monde, à savoir, une superficie de 2 millions de km [3], caractérisée par des taux de déforestation élevés, résultant d'abattages localisés associés aux activités agricoles itinérantes [4, 5].

Avec 155 millions d'hectares de couvert forestier, la RDC possède plus de la moitié des forêts du Bassin du Congo. Malheureusement, à cause de l'agriculture itinérante sur brûlis, le pays perd chaque année environ 500 000 ha de forêts. De plus, cette déforestation entraîne ainsi des pertes importantes en matière de biodiversité (FAO, 2017).

Selon le rapport [7], la déforestation dans les zones tropicales et subtropicales est due aux facteurs suivants : agriculture commerciale à grande échelle (40%), agriculture locale de subsistance (33%), infrastructures (10%), expansion urbaine (10%), extraction minière (10%). Il s'agit de moyennes et la situation est très variable d'une région à l'autre.

Planter un arbre est un acte avec une charge symbolique ancienne, forte et universellement reconnue. Les plantations forestières, dans leur diversité, sont devenues au cours des dernières décennies, des composantes importantes et incontournables de la gestion durable des forêts tropicales. Elles contribuent de plus en plus, à la production pérenne de biens et services, marchands et non marchands, et elles sont au cœur des enjeux globaux, climatiques et environnementaux [8]. En effet, tout comme les forêts naturelles, les plantations forestières peuvent fournir aux communautés du bois d'œuvre, de services et de feux, des aliments, du fourrage, des produits ornementaux et médicinaux, des opportunités de récréation. Elles participent aussi à la séquestration du carbone, à la conservation des sols et des eaux, à la conservation de la biodiversité [9 - 11].

Le choix de ce thème part du constat sur la pression que subit les forêts autour de la réserve de biosphère de Yangambi tel qu'à Yanonge. L'impact anthropique sur les sols forestiers entraîne ces dernières années la disparition progressive de la jachère forestière [12]. Les plantations forestières jouent un rôle important dans le maintien des fonctions économiques, sociales et environnementales [9, 13].

Originaire d'Asie du sud-est, le teck (*Tectona grandis*) est une espèce forestière rustique qui pousse aussi bien en zone de forêt dense qu'en zone de savane préforestière. C'est une espèce conquérante, peu sensible aux feux courants, qui survit sous forme buissonnante dans des conditions environnementales peu favorables [14].

Grâce à sa faculté d'adaptation, le Teck joue un rôle important dans le reboisement en Afrique intertropicale, où il est utilisé principalement comme bois d'œuvre et bois de service. Employé depuis près de trente ans en Côte-d'Ivoire, il est, dans ce pays, la première essence de reboisement. Les plus anciennes parcelles, encore existantes, datent de 1929. D'abord, utilisé en zones de savane et zones pré-forestières, cette essence est actuellement largement plantée en forêt dense où elle se révèle très intéressante [15].

Le Teck permet de reboiser les zones où les arbres ont disparu à cause de la surexploitation du bois et de l'agriculture itinérante. Son bois, de bonne qualité technologique, énergétique et esthétique, a une grande valeur marchande. Les bois de service (piquets, perches et poteaux) obtenus lors des éclaircies, fournissent des revenus avant l'exploitation en bois d'œuvre à partir de trois ans [14].

Adopter les plantations de Teck ; vu son importance économique, ses vertus médicinales et sa qualité de bois résistant aux insectes et à l'eau, sa croissance rapide ; réduira la pression sur les autres espèces. Le Teck à Yanonge servira précisément à fournir ce bois de feu et ces poteaux pour stopper la coupe de la forêt naturelle locale.

1.1 Énoncé du Problème

En RD Congo, Les besoins en bois sont les plus importants notamment ; pour les constructions, le feu (bois de chauffe), la production de charbon de bois et la fabrication des pirogues, etc. [16]. L'exploitation et la production de bois se font en grande partie, de manière artisanale, dans les zones forestières périurbaines, provoquant la déforestation et la dégradation des forêts autour des grands centres urbains [17]. Les forêts de Yanonge sont dégradées par les activités humaines (agriculture, exploitation du bois d'œuvre, etc.) [18].

L'introduction de plantations forestières à croissance rapide apparaît comme une solution idoine pour créer une ressource alternative et soulager les forêts naturelles. Le Teck (*Tectona grandis*) est pressenti pour jouer ce rôle en raison de ses performances éprouvées ailleurs en Afrique. Cependant, le Teck n'a encore jamais été introduit dans le paysage de Yanonge, et la population locale ne connaît pas cette essence. Avant de vulgariser et de proposer cette espèce

exotique à la population locale, il est scientifiquement et techniquement indispensable de s'assurer de sa réussite sylvicole dans cette zone. Une lacune scientifique majeure subsiste quant à la réaction du Teck, on ignore si le succès de son adaptation (taux de reprise et taux de mortalité) et sa vitesse de croissance juvénile dépendent de la provenance génétique des semences (effet de la plante mère) ou des associations (monoculture, teck + culture vivrières ou teck + culture + pérennes). Initier une telle expérimentation à Yanonge est donc cruciale pour lever ces incertitudes scientifiques avant tout déploiement à grande échelle. Les connaissances générées permettront de valider la faisabilité technique de cette introduction et de définir l'itinéraire sylvicole optimal pour les futurs programmes de reboisement communautaire.

1.2 Objectifs de la Recherche

Cette étude vise à démontrer que le teck peut bien s'adapter dans le milieu de Yanonge, et que sa croissance est liée à son origine et au type d'association auquel il est soumis. Il s'articule autour de deux axes : (i) déterminer le taux de reprise et le taux de mortalité de *Tectona grandis* en fonction des plantes mères et des différentes associations afin d'évaluer la réussite de mise en terre, (ii) évaluer la vitesse de croissance juvénile de teck en fonction des plantes mères et de 3 traitements (Teck + culture vivrière, Teck + culture pérenne et Teck monoculture).

L'objectif principal est d'évaluer les possibilités de production des plantules de teck dans la région en vue de son emploi en plantation comme source de revenu locale.

II. METHODOLOGIE

2.1 Milieu d'étude

Yanonge est une localité de la province de la Tshopo en République démocratique du Congo, située sur la rive gauche du fleuve Congo, entre Kisangani et Isangi dans le territoire d'Isangi. La région de Yanonge/paysage de Yangambi à laquelle appartient notre site de recherche est située à 60 km à l'Ouest de la Ville de Kisangani. Situé à cheval sur l'Equateur, dans les zones agro-écologiques de la cuvette centrale congolaise, le Secteur de Yalikandja-Yanonge reçoit des précipitations annuelles élevées (1.800 à 2.000 mm), pas de saison sèche marquée et deux saisons de pluies. Les principaux groupes de sols rencontrés dans le Secteur de Yalikandja-Yanonge appartiennent au groupe des sols tropicaux ferrallitiques riches en fer et en alumine. Les grands groupes dominants des sols dans ce Secteur sont, des sols ferrugineux à cause d'une forte concentration en oxyde de fer qui leur donne la couleur rouge, la roche mère est de type granitique. Les plaines alluviales avec sols sablo-limono-argileux sont rencontrées dans tous le Secteur de Yalikandja [19].

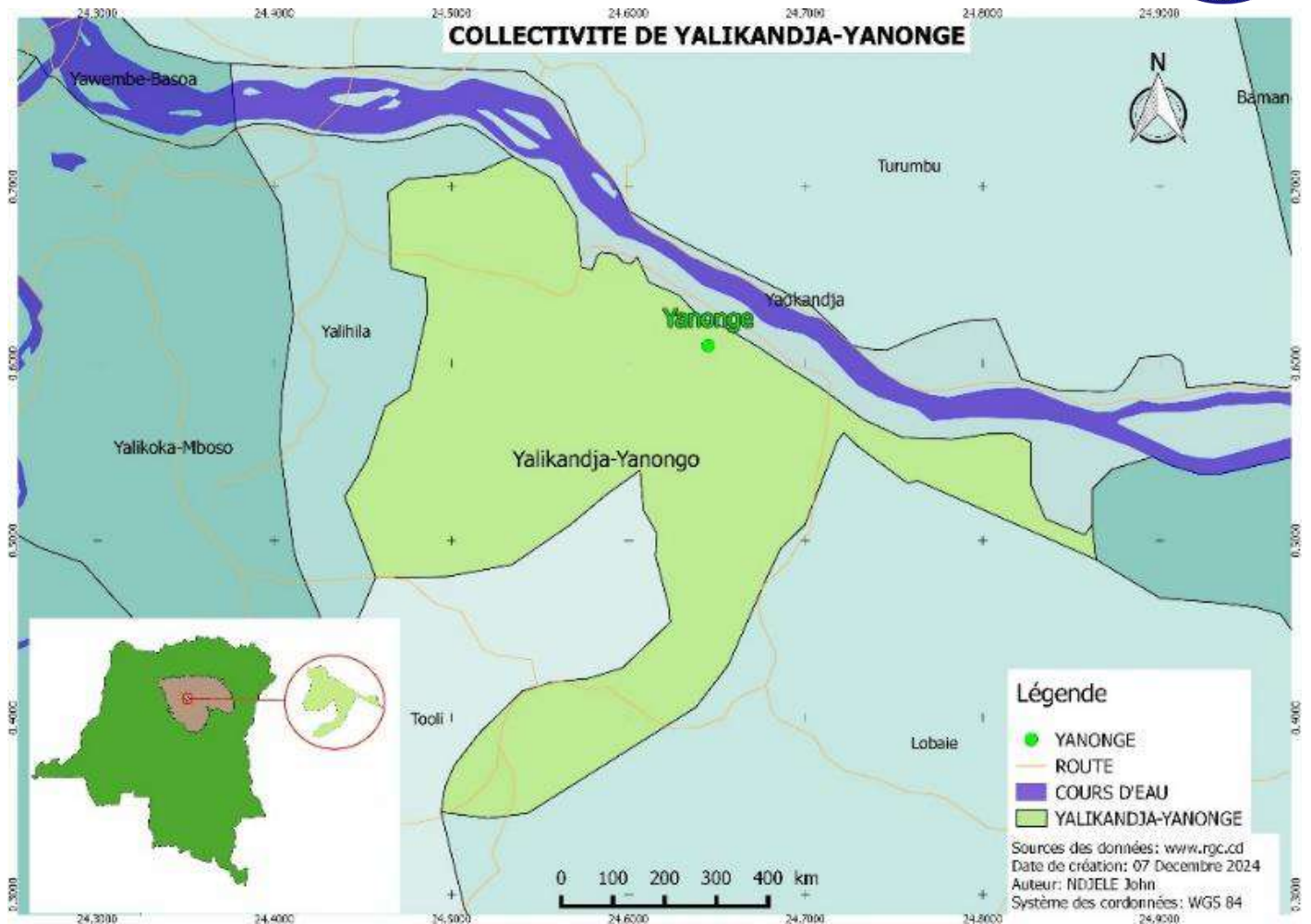


Figure 1
Carte de la collectivité de Yalikandja Yanonge, site d'étude

2.2 Matériels utilisés

2.2.1 Aspect biologique des plantes mères choisies

Les graines de *Tectona grandis* utilisées pour cette étude, ont été récoltées sur des arbres qui ornent les avenues de la ville de Kisangani, mise en germe et transplantée dans le champ expérimental. Notre choix de plante mère a été basé sur la disponibilité des graines, un fût droit pas forcément vertical et qui n'a pas des fortes déformations dans sa morphologie et le moyen d'accès aux graines.

Plante mère 1 (PM1) : L'arbre étudié présente une hauteur estimée à 16 m et un diamètre à hauteur de poitrine est de 55 cm. Le tronc est droit, de forme cylindrique à légèrement conique, avec une base modérément évasée. Le houppier est large, étalé et dense, indiquant une croissance en milieu ouvert avec une bonne disponibilité lumineuse. Sur le plan morphologique, cet individu appartient à la classe des arbres adultes vigoureux, de type dominant ou codominant.

Plante mère 2 (PM2) : L'individu observé présente une hauteur estimée à 12 m et un diamètre à hauteur de poitrine compris entre 35 cm. Le tronc est de forme cylindrique, légèrement conique, avec une base modérément évasée. Le houppier est large, arrondi et relativement dense, traduisant une croissance en milieu ouvert. Sur le plan morphologique, l'arbre appartient à la classe des individus adultes de taille moyenne, de type codominant.

Plante mère 3 (PM3) : L'individu observé présente une hauteur estimée à 9 m et un diamètre à hauteur de poitrine de 25 cm. Le tronc est de forme cylindrique, légèrement incliné, avec une base peu évasée. Le houppier est étroit, irrégulier et de densité faible à moyenne, traduisant une croissance contrainte en milieu urbain. Sur le plan morphologique, l'arbre appartient à la classe des individus adultes de petite taille, de type dominé.

2.3 Dispositif Expérimental

Un champ expérimental de 2,25 ha a été installé à Yanonge. Le site a été sélectionné pour ses caractéristiques topographiques homogènes : la surface plane, sans pente ni micro-relief accidenté, afin de contrôler les facteurs de confusion environnementaux potentiels et garantissant une exposition uniforme à la lumière et au drainage hydrique sur toute l'expérimentation. Le champ a été subdivisé en 9 blocs de 50 x 50 m. Chaque traitement présente trois répétitions

[20, 21] et disposé de manière aléatoire afin de minimiser l'effet de l'hétérogénéité du sol. Une association des cultures dans un système agro-forestier a été prévu, afin d'observer le comportement du Teck. Traitement 1 (T1) Teck plus cultures-pérennes (Banancier et Cacaoyer), Traitement 2 (T2) Teck plus cultures-vivrières (Maïs et arachides), Traitement 3 (T3) monoculture de Teck. Les Figures 2, 3, 4 et 5 ci-dessous illustre le champ expérimental et ces dispositifs expérimentaux.

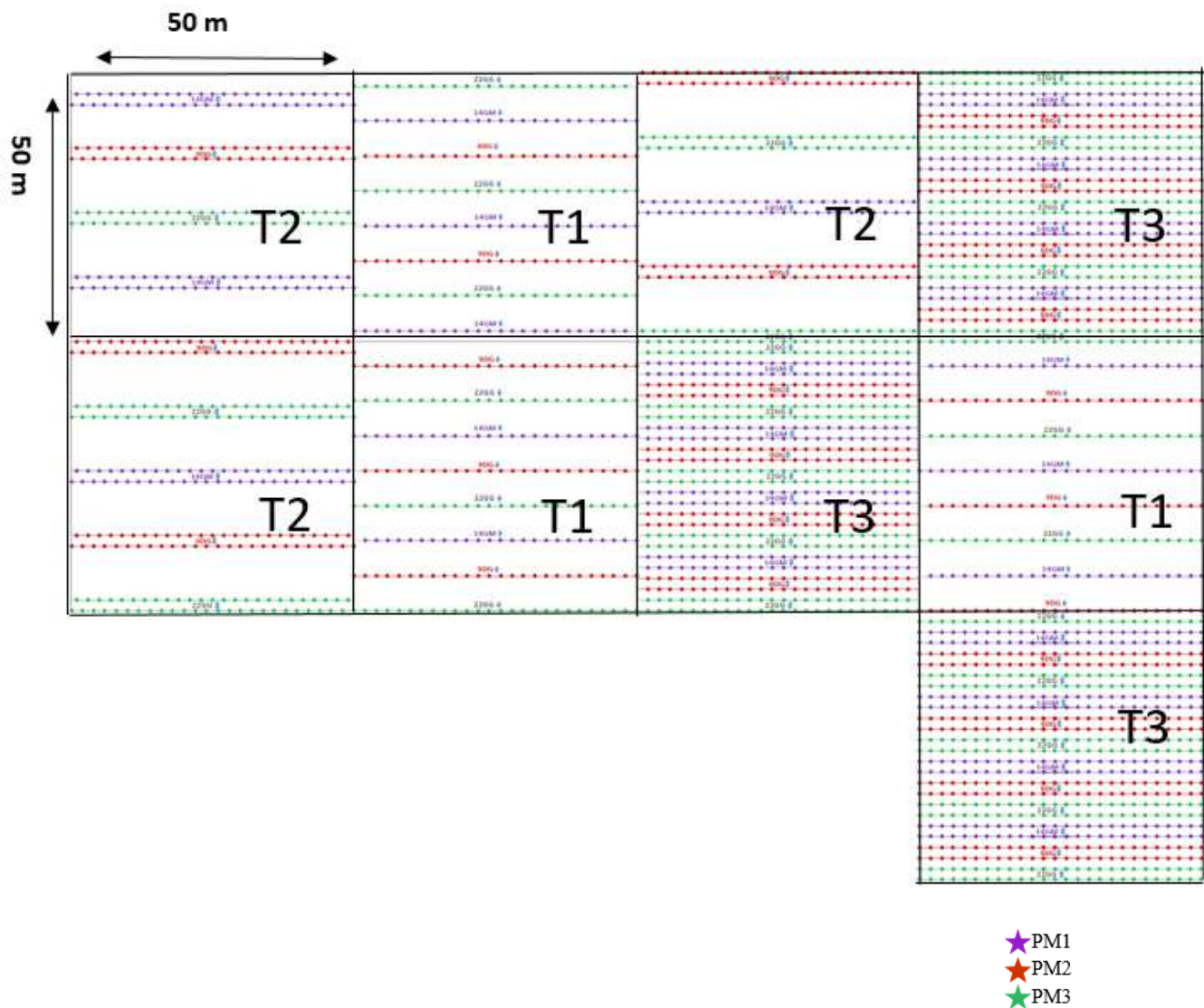


Figure 2
Champ Expérimental

2.3.1 Traitement d'échantillonnage 1 (T1)

Les Teck sont dans un écartement de 2 mètres sur la même ligne et les lignes à une distance de 6,5 mètres, entre les lignes des Tecks, nous avons deux lignes des Cacaoyers à 2,5 m de distance entre elles et une ligne des Bananiers entre les lignes des Cacaoyers.

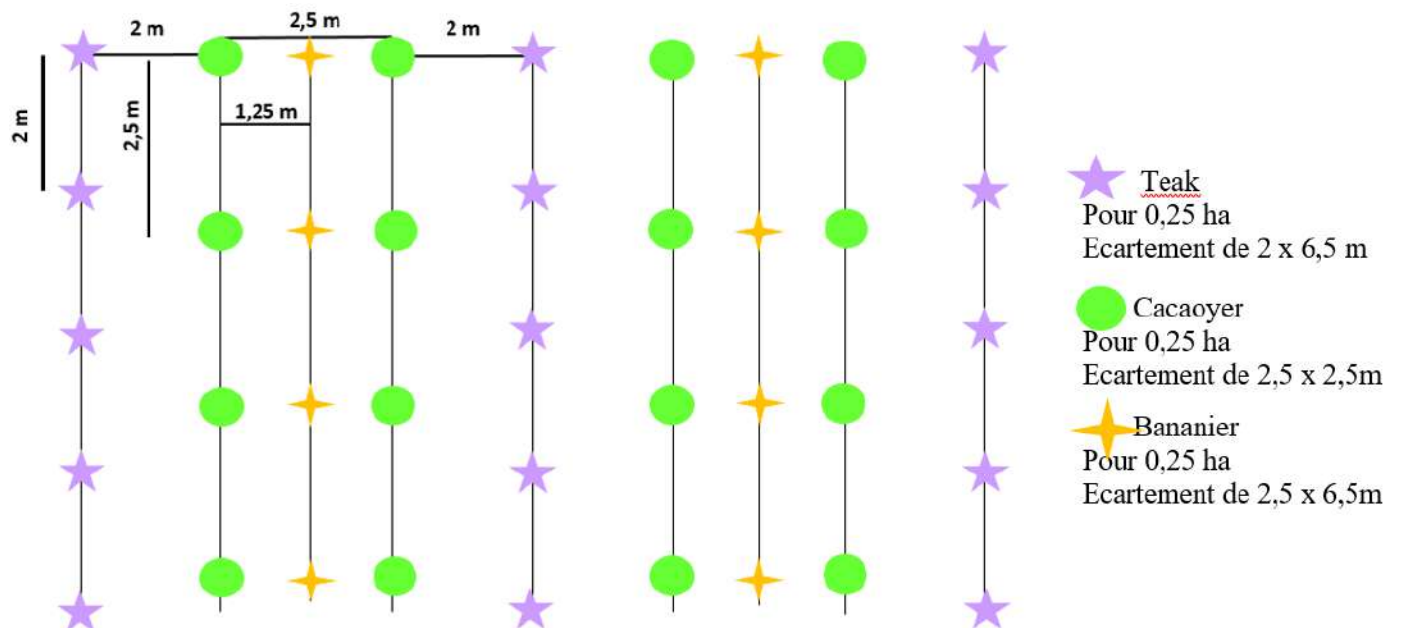


Figure 3
Teck + Cultures Pérennes

2.3.2 Traitement d'échantillonnage 2 (T2)

Dans ce Traitement, nous avons deux lignes voisines de Teck dans un écartement de 2 mètres répétées à chaque 10 mètre de distance, sur chaque ligne de Teck, les plantules sont dans un écartement de 2 mètres. Entre les deux lignes voisines de Teck, les plantules sont disposées en quinconce. Dans l'espace de 10 mètres, sont plantées les cultures vivrières (maïs et arachides). Le maïs est aux écartements de 1 x 1 m et les arachides à 20 x 20 cm.

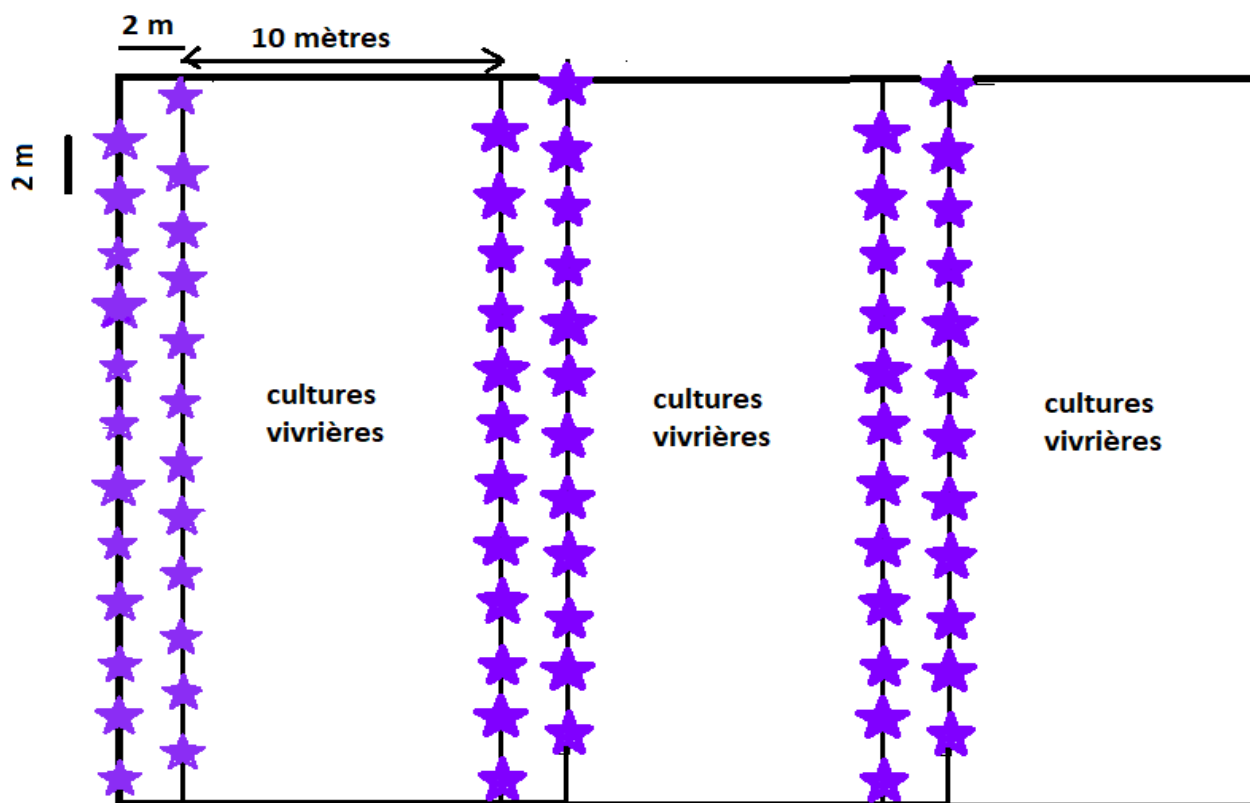


Figure 4
Teck + Cultures vivrières

2.3.3 Traitement d'échantillonnage 3 (T3)

Les plantules des Tecks sont aux écartements de 2 x 2 mètres.

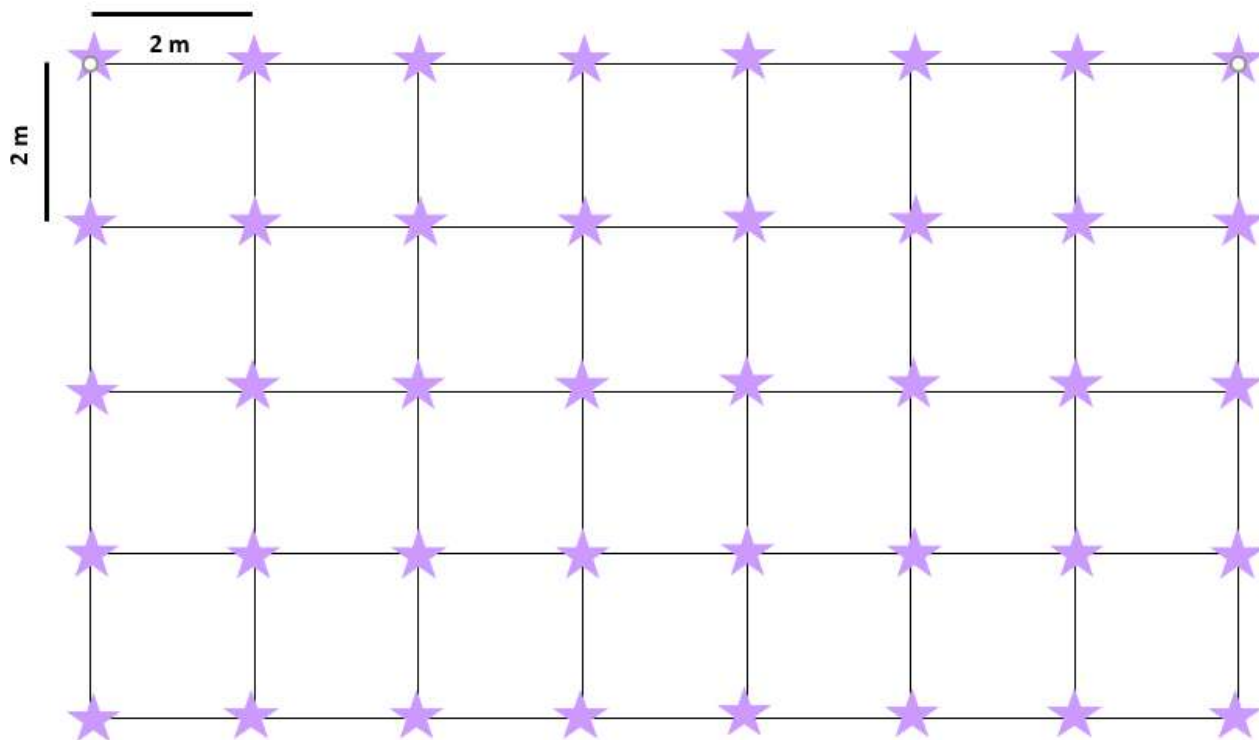


Figure 4

Monoculture Teck

2.3.4 Suivi du facteur Plante Mère dans le dispositif

Pour suivre l'influence des différentes plantes mères (PM1, PM2, PM3) tout au long de l'expérience, un système de lignes codifiées a été adopté. Chaque ligne de Teck au sein d'un traitement regroupe exclusivement les plantules issues d'une seule et unique plante mère. Les lignes ont été étiquetées et cartographiées dès la plantation pour garantir la traçabilité complète du matériel végétal lors des inventaires successifs.

2.3.5 Taille de l'échantillon et gestion des données

Au total, un effectif initial de 780 plantules de Teck a été installé sur le site. Les mesures dendrométriques (croissance en hauteur et diamètre à 10 cm du sol) ont été effectuées de manière standardisée tous les 3 mois pendant 1 an.

Les données ont été collectées à l'aide d'outils de précision rigides (pied à coulisse pour le diamètre, perche graduée pour la hauteur).

Les données aberrantes ou les plants accidentellement brisés par des facteurs externes ont été exclus des analyses. Les données finales pour l'analyse statistique reposent ainsi sur le suivi rigoureux de 654 individus valides. Les plants morts ont été comptabilisés de manière binaire (0 ou 1) pour le calcul strict du taux de reprise, puis écartés des analyses dynamiques de vitesse de croissance (pas d'imputation artificielle des données manquantes).

La vitesse de croissance en hauteur et en diamètre a été calculée par l'équation suivante :

$$V = (dI/dT)$$

Légende : V = vitesse de croissance de paramètre choisi, T = temps, I = variables mesurables (hauteur ou diamètre) ; d = différentiel.

Le taux de reprise sera calculé par l'équation suivante :

$$Ts = (\text{nombre de plantules ayant repris} / \text{nombre de plantules plantées}) \times 100$$

2.4 Analyse statistique

Les données recueillies sur terrain ont été encodées et traitées dans le tableur Excel qui a servi également aux analyses descriptives. Afin d'évaluer les effets des différents facteurs expérimentaux sur la croissance et la survie des plants de teck (*Tectona grandis*), plusieurs analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R. La normalité de la distribution des données de croissance a été testée par le test de Shapiro-Wilk. Les résultats ayant indiqué une non-

normalité significative ($P\text{-value} < 0,05$), l'utilisation de statistiques paramétriques (comme l'ANOVA) a été écartée. L'homogénéité des variances a également été vérifiée par le test de Levene.

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été sélectionné pour comparer les croissances entre les trois traitements indépendants ainsi qu'entre les trois provenances (plantes mères). En cas de différence statistiquement significative constatée par le test de Kruskal-Wallis, le test post-hoc de Dunn a été appliqué. La méthode de correction de Bonferroni a été intégrée pour ajuster les ($P\text{-values}$) et limiter le risque d'erreur de type I (faux positifs) lié aux comparaisons multiples. Le seuil de significativité a été fixé à ($0,05$).

III. RESULTATS

3.1 Résultats

Cette section présente les résultats obtenus à partir du suivi de croissance de 654 individus valides de l'espèce étudiée, mesurés à intervalles réguliers de 3 mois sur une période de 12 mois.

3.1.1 Analyse du taux de reprise et taux de mortalité

Les observations du comportement du teck dans le champ expérimental ont permis d'analyser les taux de reprise et de mortalité des individus. Généralement les individus de Teck redonnent rapidement des nouvelles tiges même après avoir subi un traumatisme tel que, une tige principale coupée ou séchée. Analyse du taux de reprise et taux de mortalité en fonction des associations : Le taux de reprise le plus élevé est observé chez le Teck en culture pure (96,71 %), avec le taux de mortalité le plus faible (3,29 %). L'association Teck + Cacaoyer + Banane présente le taux de reprise le plus bas (93,72 %) et donc la mortalité la plus élevée (6,28 %).

Tableau 1

Taux de reprise et taux de mortalité par système de cultures

| Associations | Taux de reprise (%) | Taux de mortalité (%) |
|----------------|---------------------|-----------------------|
| Teck | 96,71 | 3,29 |
| Teck+Cac+Ban | 93,72 | 6,28 |
| Teck+Maïs+Arch | 95,54 | 4,46 |

Analyse du taux de reprise et taux de mortalité en fonction des plantes mères : Tous les taux de reprise sont élevés ($\geq 95\%$), mais la plante mère PM1 montre une meilleure vitalité (96,36 %) et moins de mortalité (3,64 %). La plante mère PM3 présente une mortalité un peu plus marquée (5,30 %).

Tableau 2

Taux de reprise et taux de mortalité en fonction des plantes mères

| Plante mère | Taux de reprise (%) | Taux de mortalité (%) |
|-------------|---------------------|-----------------------|
| PM1 | 96,36 | 3,64 |
| PM2 | 95,91 | 4,09 |
| PM3 | 96,21 | 5,30 |

3.1.2 Analyse en fonction des associations et des plantes mères

Ces résultats présentent l'effet de trois associations culturales autour du teck ainsi en fonction de trois plantes mères différentes. Les traitements comparés sont : Teck seul, Teck + Maïs + Arachide, Teck + Cacao + Bananier et les paramètres évalués sont : le carbone, la biomasse, le taux de croissance relatifs (TCR) en hauteur, le taux de croissance relatifs (TCR) en diamètre, la croissance absolue en hauteur et en diamètre, ainsi que les hauteurs et diamètres moyens. Les lettres a, b, ab indiquent les groupes statistiques issus du test de comparaison des moyennes : deux valeurs portant des lettres différentes sont significativement différentes.

Croissance moyenne selon les associations: Le tableau 3 ci-dessous présente l'évolution de la croissance en hauteur et diamètre au collet de l'ensemble des plantules dans les différents systèmes de cultures. La croissance en diamètre, les valeurs sont relativement proches entre Teck seul ($0,91 \pm 0,76$ mm/mois) et Teck + maïs + arachide ($0,91 \pm 1,07$ mm/mois), légèrement supérieures à celles de Teck + cacaoyer + bananier ($0,84 \pm 0,74$ mm/mois). L'analyse statistique a montré qu'il existe une différence hautement significative entre les différentes associations en ce qui concerne la croissance en diamètre ($p = 0,0001$).

Par contre, aucune différence significative n'a été observée dans la croissance en hauteur entre les trois types d'associations. Cela signifie que les associations n'ont pas eu d'effet marqué sur la hauteur du teck pendant la période étudiée bien que la croissance en hauteur de l'association Teck + maïs + arachide montre des valeurs les plus élevées ($7,60 \pm 8,83$ cm/mois), suivie par Teck + cacaoyer + bananier ($6,07 \pm 5,75$ cm/mois) et le Teck seul ($5,90 \pm 5,61$ cm/mois).

cm/mois). Ces valeurs relativement élevées de l'écart-type indiquent une forte variabilité entre les individus, certains présentant une croissance nettement supérieure ou inférieure à la moyenne.

Dans ce tableau, Nous pouvons observer que la différence est hautement significative entre les associations concernant la croissance absolue en diamètre. Cela indique un effet positif de cette association sur le développement radial du tronc. Pour la croissance absolue en hauteur, où Teck + maïs + arachide atteint $91,31 \pm 105,97$ cm nettement plus, supérieure aux autres associations ; Aucune différence significative n'a été observée entre les trois types d'associations ($p=0.5349$). Les variations observées sont donc probablement liées à des facteurs individuels ou environnementaux non contrôlés.

Les taux de croissance relatifs (TCR) chez les 654 individus montre que, chaque mois, les individus ont augmenté en moyenne de 8 % de leur hauteur initiale, et de 6 % de leur diamètre initial. Les taux de croissance relatifs (TCR) sont globalement homogènes. Le TCR en hauteur varie peu entre les systèmes (entre 0,080 et 0,083 $\text{cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{mois}^{-1}$), tandis que le TCR en diamètre est légèrement plus élevé pour Teck seul (0,068) que pour les systèmes associés, notamment Teck + maïs + arachide (0,053). L'analyse statistique a montré qu'il existe une différence hautement significative du TCR du diamètre entre les associations ($p < 0.0001$). Par contre, bien que la tendance montre que l'association Teck seul tend à avoir un TCR en hauteur plus élevé que les autres, la différence entre les groupes n'est pas statistiquement significative ($p > 0,05$).

Ce tableau montre que le système associant Teck, maïs et arachide présente la moyenne de biomasse ($0,126 \pm 0,228$ T/ha) et de carbone ($0,063 \pm 0,114$ T/ha) les plus élevées parmi les combinaisons testées. Statistiquement aucune différence significative entre les trois types d'associations pour la biomasse et le carbone stocké. Cela signifie que les traitements « Teck seul », « Teck + cacaoyer + bananier » et « Teck + maïs + arachide » ont généré des niveaux de production de biomasse et de carbone similaires.

Tableau 3

Croissance en hauteur et diamètre au collet

| Paramètre | Teck | Teck + cacaoyer + Bananier | Teck + maïs + arachide | p-value |
|------------------------------|---------------------|----------------------------|------------------------|-----------|
| Diamètre moyen (mm/mois) | $0,91 \pm 0,76$ a | $0,84 \pm 0,74$ a | $0,91 \pm 1,07$ b | 0.0001017 |
| Hauteur moyenne (cm/mois) | $5,9 \pm 5,61$ | $6,07 \pm 5,75$ | $7,60 \pm 8,83$ | 0.4339 |
| Diamètre moyen absolue (mm) | $11,03 \pm 9,12$ a | $10,18 \pm 8,93$ a | $11,03 \pm 12,87$ b | 0.00017 |
| Hauteur moyenne absolue (cm) | $71,06 \pm 67,40$ | $72,93 \pm 69,04$ | $91,31 \pm 105,97$ | 0.5349 |
| Moyenne de TCR diamètre | $0,068 \pm 0,035$ a | $0,063 \pm 0,035$ a | $0,053 \pm 0,043$ b | 1.571e-07 |
| Moyenne de TCR hauteur | $0,083 \pm 0,039$ | $0,082 \pm 0,040$ | $0,080 \pm 0,051$ | 0.06803 |
| Moyenne de Biomasse T/ha | $0,077 \pm 0,162$ | $0,070 \pm 0,138$ | $0,126 \pm 0,228$ | 0.4738 |
| Moyenne de Carbone T/ha | $0,038 \pm 0,081$ | $0,035 \pm 0,069$ | $0,063 \pm 0,114$ | 0.4738 |

Croissance moyenne en fonction des plantes mères dans les associations : Les résultats présentés dans les tableaux ci-dessous 5, 6 et 7, permettent d'observer les performances de croissance des descendants de trois plantes mères (PM1, PM2, PM3), à travers plusieurs paramètres tels que : la croissance en diamètre et hauteur, le taux de croissance relatif (TCR), la biomasse et le carbone dans les différents traitements

3.1.3 Croissance moyenne selon la plante mère une (PM1)

Le tableau 4 présente les moyennes de croissance en hauteur et diamètre de PM1 en fonction des différents traitements. Des différences significatives sont observées pour la moyenne des diamètres ($p = 0,002744$) avec une croissance plus élevée dans le traitement Teck + Cacao + Bananier (8,52mm), pour de la croissance absolue en diamètre ($p = 0,002744$) avec une croissance plus élevée dans le traitement Teck + Cacao + Bananier (12,7mm) et pour le TCR diamètre ($p = 0,0001084$) avec une croissance élevée dans les traitements Teck pur suivi de Teck + Cacao + Bananier tandis que l'association Teck + Maïs + Arachide est significativement plus faible. Au niveau de la hauteur, le TCR présente également une différence significative. Les valeurs de carbone et de biomasse ne présentent pas de différence significative entre les traitements ($p = 0,6281$).

Tableau 4*Analyse en fonction de la plante mère une*

| Paramètre | Teck | Teck + Cacao + Bananier | Teck + Maïs + Arachide | P-value |
|------------------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|--------------|
| Diamètre moyen (mm/mois) | 6.38 ± 6.84 a | 8.52 ± 6.75 b | 7.11 ± 10.4 a | 0.002744* |
| Hauteur moyenne (cm/mois) | 6.38 ± 6.84 | 7.11 ± 6.75 | 8.52 ± 10.4 | 0.3844 |
| Diamètre moyen absolue (mm) | 11.8 ± 10.6 a | 12.7 ± 11.3 b | 11.8 ± 15.1 a | 0.002744* |
| Hauteur moyenne absolue (cm) | 76.6 ± 82.1 | 102.10 ± 125 | 85.3 ± 81 | 0.3844 |
| Moyenne de TCR diamètre | 0.0733 ± 0.0343 a | 0.0731 ± 0.0387 a | 0.0521 ± 0.0490 b | 0.0001084*** |
| Moyenne de TCR hauteur | 0.0915 ± 0.0408 a | 0.0925 ± 0.0452 b | 0.0754 ± 0.0546 a | 0.002843* |
| Moyenne de Biomasse T/ha | 0.0956 ± 0.236 | 0.104 ± 0.190 | 0.164 ± 0.298 | 0.6281 |
| Moyenne de Carbone T/ha | 0.0478 ± 0.118 | 0.0819 ± 0.149 | 0.0519 ± 0.0948 | 0.6281 |

3.1.4 Croissance moyenne selon la plante mère deux (PM2)

Le tableau 5 présente les moyennes de croissance en hauteur et diamètre de PM2 en fonction des différents traitements. Le taux de croissance relatif en diamètre est le seul paramètre montrant une différence statistiquement significative ($p=0,008077$), le teck pur diffère du traitement teck + maïs + arachide, le traitement teck + cacao + bananier est intermédiaire. Le teck pur présente le TCR diamètre le plus élevé (0.0657mm), ce qui indique que, proportionnellement à sa taille initiale, il croît plus rapidement en diamètre. Cependant, même si le TCR est plus élevé en teck pur, les valeurs absolues de diamètre restent meilleures dans le système maïs + arachide (11mm). Un système peut avoir une croissance relative plus rapide sans nécessairement produire les plus grosses dimensions absolues.

Tableau 5*Analyse en fonction de la plante mère deux*

| Paramètre | Teck | Teck + Cacao + Bananier | Teck + Maïs + Arachide | P-value |
|------------------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|-----------|
| Diamètre moyen (mm/mois) | 0.874 ± 0.749 | 0.625 ± 0.589 | 0.918 ± 0.894 | 0.08196 |
| Hauteur moyenne (cm/mois) | 5.48 ± 5.28 | 5.01 ± 5.86 | 7.20 ± 7.06 | 0.6343 |
| Diamètre moyen absolue (mm) | 10.5 ± 8.99 | 7.5 ± 7.07 | 11.0 ± 10.7 | 0.08196 |
| Hauteur moyenne absolue (cm) | 0.0657 ± 0.0358 | 0.0478 ± 0.0263 | 0.0552 ± 0.0394 | 0.6343 |
| Moyenne de TCR diamètre | 0.0657 ± 0.0358 a | 0.0478 ± 0.0263 ab | 0.0552 ± 0.0394 b | 0.008077* |
| Moyenne de TCR hauteur | 0.0777 ± 0.0398 | 0.0680 ± 0.0331 | 0.0853 ± 0.0468 | 0.1963 |
| Moyenne de Biomasse T/ha | 0.0691 ± 0.127 | 0.0521 ± 0.126 | 0.103 ± 0.148 | 0.51 |
| Moyenne de Carbone T/ha | 0.0346 ± 0.0636 | 0.0261 ± 0.0629 | 0.0516 ± 0.0742 | 0.51 |

3.1.5 Croissance moyenne selon la plante mère trois (PM3)

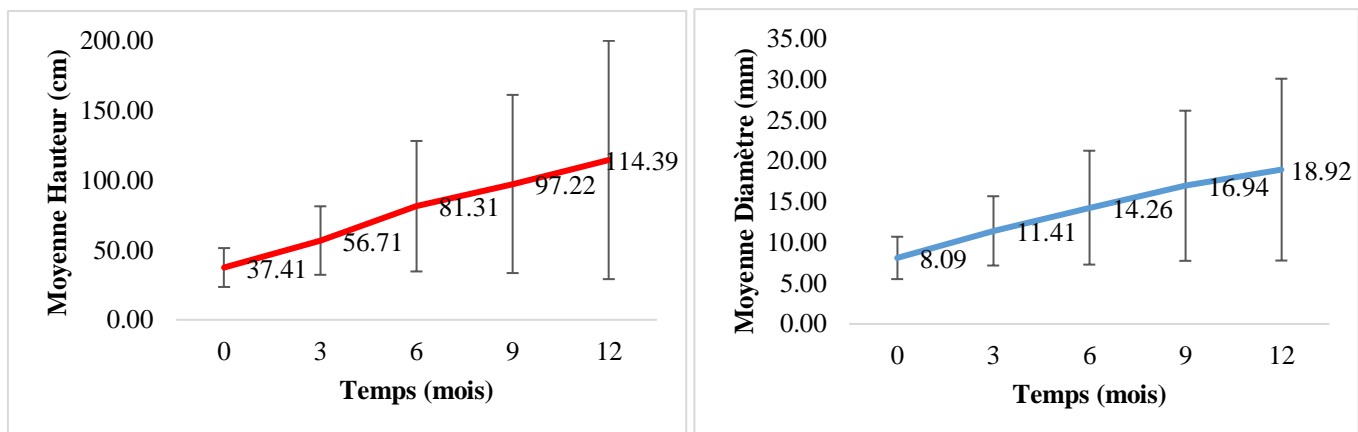
Le tableau 6 présente les moyennes de croissance en hauteur et diamètre de PM3 en fonction des différents traitements. Des différences significatives sont observées pour le diamètre moyen et la croissance absolue en diamètre ($p = 0,006251$) avec le traitement Teck pur qui présente les meilleures performances (0,905mm et 10,9mm). Au niveau du TCR en diamètre ($p = 0,00194$), ainsi que la Biomasse et le carbone ($p = 0,04476$), on observe également des différences significatives. Le traitement Teck + Cacao + Bananier (0.0686mm) est plus élevé dans le TCR diamètre et Teck + Maïs + Arachide est significativement supérieure (0,117mm et 0,0585mm) pour la biomasse et le carbone.

Tableau 6*Analyse en fonction de la plante mère trois*

| Paramètre | Teck | Teck + Cacao + Bananier | Teck + Mais + Arachide | P-value |
|------------------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|------------|
| Diamètre moyen (mm/mois) | 0.905 ± 0.651 a | 0.858 ± 0.593 a | 0.853 ± 1.07 b | 0.006251** |
| Hauteur moyenne (cm/mois) | 5.90 ± 4.62 | 6.12 ± 4.26 | 7.21 ± 8.97 | 0.1338 |
| Diamètre moyen absolue (mm) | 10.9 ± 7.81 a | 10.4 ± 7.11 a | 10.3 ± 12.9 b | 0.006251** |
| Hauteur moyenne absolue (cm) | 70.9 ± 55.4 | 73.4 ± 51.1 | 86.5 ± 108.2 | 0.1338 |
| Moyenne de TCR diamètre | 0.0676 ± 0.0348 a | 0.0686 ± 0.0345 a | 0.0531 ± 0.0430 b | 0.00194** |
| Moyenne de TCR hauteur | 0.0802 ± 0.0365 | 0.0861 ± 0.0391 | 0.0797 ± 0.0525 | 0.2124 |
| Moyenne de Biomasse T/ha | 0.0678 ± 0.0964 a | 0.0556 ± 0.0685 ab | 0.117 ± 0.223 b | 0.04476 |
| Moyenne de Carbone T/ha | 0.0339 ± 0.0482 a | 0.0278 ± 0.0342 ab | 0.0585 ± 0.111 b | 0.04476 |

3.1.6 Analyse temporelle

La figure 5 présente l'évolution moyenne de la croissance de la hauteur et du diamètre les plantules au cours du temps. Cette figure montre une progression continue de la croissance en hauteur et en diamètre au cours des 12 mois de suivi. La moyenne hauteur passe de 37,41 cm à 114,39 cm, soit un taux d'augmentation d'environ 206 % et la moyenne du diamètre progresse de 8,09 mm à 18,92 mm, soit une croissance d'environ 134 %. Les écarts-types augmentent également avec le temps, indiquant une variabilité croissante entre les individus à mesure qu'ils grandissent.

**Figure 5***Croissance moyenne en hauteur et diamètre au cours du temps***3.1.7 Corrélation multiple ou corrélation bivariée**

La Figure 6 présente les variables sont dépendantes les unes des autres et celles qui sont indépendantes. Les résultats montrent que la biomasse et le carbone sont fortement dépendants du diamètre. La hauteur joue un rôle moins central dans l'accumulation de biomasse, probablement parce qu'elle ne reflète pas aussi bien la masse volumique que le diamètre. Le TCR en diamètre présente une bonne corrélation avec la biomasse et la croissance, contrairement au TCR en hauteur qui apparaît isolé. Corrélations fortes ($r \geq 0.9$) : Entre Biomasse et Carbone ($r = 0.9$) : logique, car le carbone est directement calculé à partir de la biomasse. Entre Biomasse/Carbone et diamètre absolu/croissance absolue ($r = 0.9$) : la biomasse dépend fortement du diamètre, ce qui confirme sa pertinence comme variable explicative. Entre croissance absolue en diamètre et diamètre final ($r = 1$) : attendu, puisque la croissance absolue contribue à la valeur finale du diamètre.

Corrélations modérées à fortes ($0.7 \leq r < 0.9$) : Entre TCR diamètre et la plupart des variables de croissance (diamètre, croissance absolue, etc.). Entre Biomasse/Carbone et TCR diamètre ($r = 0.8$ et 0.7 respectivement) : cela montre que la vitesse relative de croissance influence la production de biomasse. Corrélations faibles ($r \approx 0.3$) : Entre Hauteur finale et les autres variables ($r = 0.2$ à 0.3) : la hauteur semble moins liée à la biomasse, au carbone ou à la croissance en diamètre. Corrélations nulles ou négatives : Corrélation très faible voire négative entre TCR hauteur et les

autres variables ($r = -0.1$ à 0.1) : le TCR en hauteur ne suit pas le même schéma que le TCR en diamètre, ce qui peut indiquer une variabilité non linéaire ou un bruit de mesure.

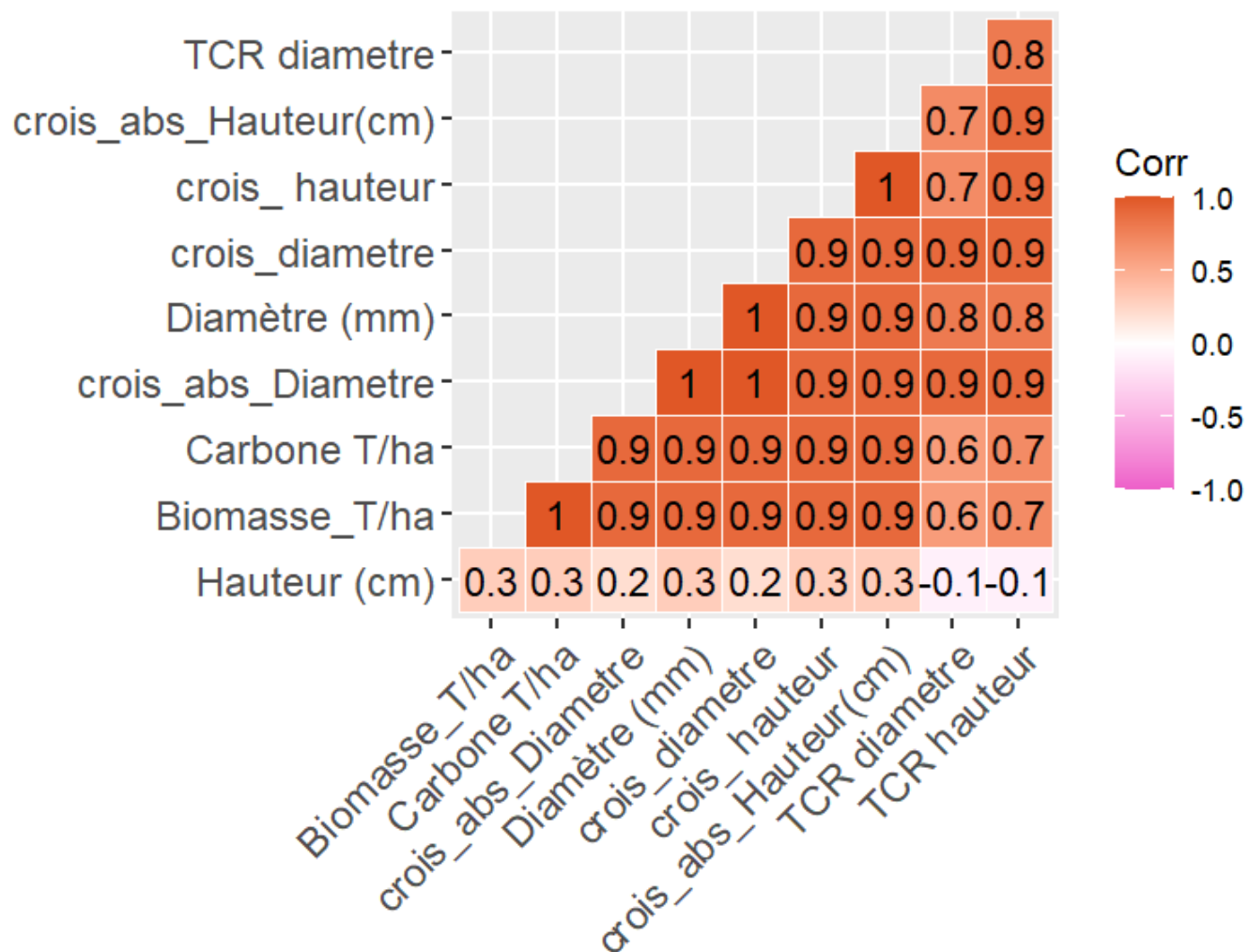


Figure 6
Corrélation multiple

IV. DISCUSSION

4.1 Taux de reprise et taux de mortalité

Le premier objectif spécifique de cette recherche était de déterminer le taux de reprise et de mortalité de *Tectona grandis* afin d'évaluer la réussite de sa mise en terre en tant qu'espèce exotique à Yanonge. Ces résultats confirment une bonne adaptation des plants en plantation, avec des taux de reprise globalement très satisfaisants (>93 %) quelle que soit l'association ou la plante mère, similaire aux résultats obtenus par [22] au Bénin. Cette forte résilience initiale du Teck confirme sa grande capacité à surmonter le stress de la transplantation dans les conditions environnementales de la cuvette centrale congolaise. La capacité observée des plantules à rejeter rapidement de nouvelles tiges après un séchage ou un traumatisme mécanique est une caractéristique adaptative classique de l'espèce, déjà documentée par [23].

4.2 Dynamique de croissance juvénile et influence des associations

Le second objectif visait à évaluer la vitesse de croissance juvénile (hauteur et diamètre) sous trois traitements. Le diamètre et la hauteur du teck sont fortement influencés par la densité initiale du peuplement. [24]. La variabilité des résultats, de ce travail, selon la Plante mère souligne l'importance de l'interaction Génotype et Environnement. Les analyses de croissance, de croissance absolue et du taux de croissance relatif, montrent que le diamètre répond davantage que la hauteur. Dans les trois plantes mères, les paramètres liés au diamètre sont presque toujours significatifs tandis que ceux liés à la hauteur le sont rarement. Cela indique que les systèmes agroforestiers stimulent davantage la croissance radiale que la croissance verticale. Cette amélioration pourrait être expliquée par plusieurs mécanismes écologiques et physiologiques.

Les résultats montrent une hétérogénéité selon la plante mère. L'association qui favorise le Teck n'est pas la même pour toutes les plantes mères. La plante mère 1 est influencée positivement par l'association Teck + Cacao + Bananier, elle obtient les meilleurs résultats pour le diamètre moyen (8.52mm) et la croissance absolue en diamètre (12,7 mm). Comme observé pour PM1, [25] soulignent que le bananier crée un microclimat humide qui limite l'évapotranspiration du jeune teck. La plante mère 2 a des résultats globalement moins significatifs (P-values souvent > 0.05), on note cependant une tendance à la hausse des performances de croissance dans l'association Teck + Maïs + Arachide dans les plantes mères 2 et 3.

La biomasse des traitements est souvent supérieure en agroforesterie. Cela valide ces systèmes comme des outils efficaces pour la séquestration du carbone par rapport à une monoculture stricte. L'augmentation de la biomasse avec l'arachide s'explique par l'apport d'azote organique, comme une intensification écologique [26]. Le Teck Pur reste très compétitif pour la croissance en diamètre (notamment pour les plantes mères 2 et 3). C'est un traitement stable mais qui n'atteint pas les meilleures performances de biomasse. Teck + Cacao + Bananier est le traitement le plus performant pour la Plante mère 1 sur presque tous les critères de croissance. Il semble favoriser un développement vigoureux de l'arbre en début de cycle. Teck + Maïs + Arachide se distingue systématiquement par des valeurs de Biomasse et de Carbone plus élevées, ainsi que par une meilleure Hauteur moyenne globale, même si ce n'est pas toujours statistiquement significatif pour toutes les plantes mères. Ainsi, il existe un effet "Plante mère" marqué. Par exemple, la Plante mère 1 réagit de manière spectaculaire à l'association avec le Cacao et le Bananier, alors que les autres, réagissent plus avec l'association Maïs + Arachide.

4.3 Limites méthodologiques, hétérogénéité et facteurs de confusion

La forte variabilité observée (écarts-types élevés) au sein d'un même traitement découle de facteurs de confusion non contrôlés. Bien que le terrain ait été choisi rigoureusement plat pour éliminer le biais topographique, l'hétérogénéité micro-édaphique (variations locales de la structure du sol ou de l'historique des brûlis agricoles antérieurs) a pu influencer la croissance racinaire. De plus, le suivi sur une période de 12 mois est insuffisant pour capturer les effets à long terme de l'ombrage des cacaoyers et des bananiers (T1), qui ne déploieront leur canopée restrictive qu'à partir de la deuxième ou troisième année. Enfin, l'absence d'un dispositif en double-aveugle lors des mesures dendrométriques trimestrielles représente une limite, bien que ce biais d'observation ait été atténué par l'utilisation d'outils de mesure rigides et standardisés.

4.4 Croissance au cours du temps

Cette évolution temporelle suggère que les plants de *Tectona grandis* présentent une croissance rapide au cours de leur première année. La croissance en hauteur est plus rapide que celle en diamètre, ce qui est courant chez les espèces forestières dans les premières phases de développement où la priorité est la capture de lumière. La hauteur a une croissance annuelle de 1,14m. [27] au Peru ont mesuré 2,66m/an. Ceci confirme notre troisième hypothèse sur la vitesse de croissance du teck dans la région de Yanonge. Le diamètre a une croissance annuelle de 1,89cm proche des résultats de [28] au Nigeria, auxquels les moyens de diamètre varient entre 0,84 et 1,16 cm/an. [27] au Peru 3,39cm/an de diamètre observé. Au Japon [29] ont observé une croissance annuelle du diamètre de 0,34 cm.

V. CONCLUSION

Cette recherche s'est fixée pour objectif principal d'évaluer les possibilités de production des plantules de teck dans la région, une essence exotique et totalement inédite pour les populations locales. Pour répondre aux deux objectifs spécifiques de l'étude, un suivi dendrométrique rigoureux a été mené pendant 12 mois sur un échantillon validé de 654 individus. En ce qui concerne le premier objectif lié au taux de reprise et à la mortalité, l'étude démontre un succès, avec des taux de réussite supérieurs à 90 %. Ce résultat valide adaptative du Teck dans la cuvette centrale congolaise. De plus, la variabilité de la survie selon les provenances confirme l'importance de l'effet "Plante Mère" (effet génétique ou physiologique) sur la vigueur initiale des plantules.

Quant au second objectif, axé sur la vitesse de croissance juvénile, l'analyse temporelle montre une dynamique de développement positive au cours de la première année. Toutefois, les systèmes agroforestiers influencent ce développement de manière asymétrique : l'effet des associations est hautement significatif sur le diamètre ($p = 0,0001$), le système Teck + Maïs + Arachide s'affirmant comme le plus performant pour stimuler la croissance radiale absolue, tandis qu'aucun effet statistiquement significatif n'a été décelé sur la hauteur ($p > 0,05$).

Bien que ces résultats confirment que l'agroforesterie vivrière est une stratégie prometteuse pour concilier productivité ligneuse et sécurité alimentaire, cette étude comporte des limites méthodologiques. Le suivi à court terme (1 an) ne permet pas de capturer les interactions compétitives futures à mesure que la canopée des cultures pérennes (cacaoyers) se refermera. De plus, la forte hétérogénéité individuelle observée (écarts-types élevés) met en évidence l'existence de facteurs de confusion micro-édaphiques non contrôlés lors de l'expérimentation. Néanmoins, à l'échelle

de la portée scientifique globale, ce travail jette les bases de l'itinéraire technique du Teck en RD Congo et prouve qu'une diversification agricole est possible sans compromettre le potentiel de séquestration précoce du carbone.

VI. RECOMMANDATIONS

Afin de valoriser ces résultats et de guider efficacement les futures initiatives de gestion forestière durable dans la région, les recommandations suivantes sont formulées à l'attention des chercheurs, des praticiens et des décideurs politiques : Pour la recherche et l'amélioration des connaissances (Socio-écologique) : Poursuite du suivi à long terme : Maintenir les inventaires dendrométriques sur ce dispositif pendant une rotation complète (5 à 10 ans) afin de mesurer l'évolution de l'accumulation de matière sèche et l'impact à long terme de l'ombrage des cultures pérennes.

Évaluation de la saisonnalité : Mener des expérimentations complémentaires pour comparer l'impact d'une mise en terre en saison sèche par rapport à la saison des pluies sur les taux de mortalité initiale. Modélisation multi-sites : Installer des parcelles de suivi similaires dans d'autres régions de la RD Congo présentant des caractéristiques édapho-climatiques distinctes pour tester l'adaptation globale de l'essence à l'échelle nationale.

Pour la gestion sylvicole, l'agroforesterie et la sélection génétique (Technique). Priorisation du système Taungya vivrier : Recommander activement aux structures de reboisement l'association Teck + Maïs + Arachide. Ce système doit être standardisé car il maximise le diamètre initial du bois d'œuvre tout en fournissant des revenus agricoles immédiats aux paysans. Sélection rigoureuse des semences : Bannir la collecte de graines sur des phénotypes dominés ou contraints en milieu urbain. Les pépiniéristes doivent mettre en place des critères de sélection génétique stricts, en collectant les semences exclusivement sur des arbres mères adultes vigoureux, cylindriques et dominants (type PM1).

Pour la gouvernance et les implications politiques (Parties prenantes). Intégration dans les politiques de conservation : Soumettre ces résultats aux gestionnaires de la Réserve de biosphère de Yangambi (et aux ONG partenaires comme le CIFOR ou Enabel) pour intégrer les plantations de Teck en zone tampon. Cela permettra de stabiliser les agriculteurs itinérants et de freiner les fronts pionniers de déforestation. Sécurisation foncière des reboiseurs : Encourager les autorités locales de Yanonge à formuler des chartes foncières claires qui garantissent aux communautés villageoises la propriété à long terme des arbres de Teck plantés, condition sine qua non pour assurer l'acceptabilité sociale de cette essence exotique.

REFERENCES

1. FAO. (2018). *La situation des forêts du monde 2018. Les forêts au service du développement durable* (p. 65). Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
2. Boucher, D., Elias, P., Lininger, K., May-Tobin, C., Roquemore, S., & Saxon, E. (2011). *The root of the problem: What's driving tropical deforestation today?* Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists.
3. Mayaux, P., Achard, F., & Malingreau, J. P. (1998). Global tropical forest area measurements derived from coarse resolution satellite imagery: A comparison with other approaches. *Environmental Conservation*, 25, 37–52.
4. Mayaux, P., Bartholomé, E., Massart, M., Vancutsem, C., Cabrai, A., Nonguierma, A., Diallo, O., Pretorius, C., Thompson, M., Cherlet, M., Pekel, J. F., Defoumy, P., Vasconcelos, M., Di Gregorio, S., Fritz, S., De Grandi, C., Elvidge, C., Vogt, P., & Belward, A. (2003). *A land cover map of Africa - Carte de l'occupation du sol de l'Afrique* (EUR 20665 EN, 20 p.). European Commission, Luxembourg.
5. Hansen, M. C., Roy, D. P., Lindquist, E., Adusei, E., Justice, C. O., & Altstatt, A. (2008). A method for integrating MODIS and Landsat data for systematic monitoring of forest cover and change in the Congo Basin. *Remote Sensing of Environment*, 112(5), 2495–2513.
6. FAO. (2017). Célébration de la Journée Internationale des Forêts en RD Congo. <https://www.fao.org/republique-democratique-congo/actualites/detail/ru/c/854003/> (Consulté le 23 décembre 2025)
7. FAO. (2016). L'agriculture commerciale, responsable de la déforestation des zones tropicales. <https://www.adiac-congo.com/content/fao-lagriculture-commerciale-responsable-de-la-deforestation-des-zones-tropicales-54504> (Consulté le 23 décembre 2025)
8. Marien, J.-N., & Gurllet-Fleury, S. (2013). Les plantations forestières en Afrique centrale: Des sylvicultures nouvelles pour répondre aux nouveaux besoins des sociétés. In *CIRAD* (pp. 197–212).
9. De Groot, R. S., & Van Der Meer, P. J. (2010). Quantifying and valuing goods and services provided by plantation forests. In J. Bauhus, P. J. van der Meer, & M. Kanninen (Eds.), *Ecosystem goods and services from plantation forests* (pp. 16–42). London; Washington: Earthscan.
10. Brockerhoff, E. G., Jactel, H., Parrotta, J. A., & Ferraz, S. F. B. (2013). Role of eucalypt and other planted forests in biodiversity conservation and the provision of biodiversity related ecosystem services. *Forest Ecology and Management*, 301, 43–50.
11. Pawson, S. M., Brin, A., Brockerhoff, E. G., Lamb, D., Payn, T. W., Paquette, A., & Parrotta, J. A. (2013). Plantation forests, climate change and biodiversity. *Biodiversity & Conservation*, 22, 1203–1227.

12. FAO. (2001). *Fosa document national de prospective: République Démocratique du Congo*. FAO, Rome.
13. Ferraz, S. F. B., De Paula Lima, W., & Rodrigues, C. (2013). Managing forest plantation landscapes for water conservation. *Forest Ecology and Management*, 301, 58–66.
14. N’guessan, K. A., Wahounou, P. J., Coulibaly, B., & Dupuy, B. (2012). Bien planter le teck en Côte d’Ivoire. *CNRA*, 01 BP 1740 Abidjan 01, Côte d’Ivoire.
15. Dupuy, B., & Verhaegen, D. (1993). Le teck de plantation. *Tectona grandis* en Côte-d’Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*, 235, 1er trimestre.
16. MECNT. (2009). *Potentiel REDD+ de la RDC*. République Démocratique du Congo / Ministère de l’Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme, 66 p.
17. Boyemba, F. (2011). Ecologie de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. (Doctoral thesis, Université Libre de Bruxelles), 181 p.
18. CTB. (2013). *Plan de Développement Local du Secteur de Yalikandja-Yanonge, Territoire d’Isangi / District de la Tshopo / Province Orientale Période 2013–2017*. Association sans But Lucratif.
19. Lilembe. (2013). Plan de Développement local du secteur de Yalikandja-Yanonge, territoire d’Isangi/district de la Tshopo/Province Orientale (pp. 15–30).
20. Letourmy, P., & Goze, E. (1999). Expérimentation agronomique planifiée. *Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)*, 11–26.
21. Nauda, K., & Goze, E. (2007). Expérimentation agronomique: Conduites et plans des essais. *Agence Française de Développement*, 2–4.
22. Akossou, A., Houmenou, W., & Zinsou, V. (2016). Caractérisation agromorphologique des graines de teck (*Tectona grandis* L. f.) au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(2), 559–572.
23. Dupuy, B., & Verhaegen, D. (1993). Le teck de plantation. *Tectona grandis* en Côte-d’Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*, 235.
24. Pachas, N. A., Sakanphet, S., Soukkhy, O., Lao, M., Savathvong, S., Newby, J. C., Souliyasack, B., Keoboulapha, B., & Dieters, M. J. (2019). Initial spacing of teak (*Tectona grandis*) in northern Lao PDR: Impacts on the growth of teak and companion crops. *Forest Ecology and Management*, 435, 77–88. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.031>
25. Schroth, G., Lehmann, J., & Rodrigues, M. R. L. (2001). Plant-soil interactions in multistrata agroforestry in the humid tropics. *Agroforestry Systems*, 53, 85–102. <https://doi.org/10.1023/A:1013360000633>
26. Garrity, D. (2004). Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agroforestry Systems*, 61, 5–17.
27. Vasquez-Miñope, C., Sulca-Gamboa, K., & Cuellar-Bautista, E. (2023). Croissance, productivité et indices silviculturaux en plantations juvéniles de *Tectona grandis* L. f. en Pérou. *Colombia Forestal*, 26(1), 79–91.
28. Amusa, T., & Adedapo, S. (2021). Growth and yield characteristics of *Tectona grandis* (Linn. F.) in different age series at University of Ilorin, North Central Nigeria. *FORESTIST*, 71, 127–133. <https://doi.org/10.5152/forestist.2020.20022>
29. Mpapa, B. L., Wahyudi, I., Rahayu, I., & Yuniarti, A. D. (2025). Growth rate of red Jabon and teak trees in Banggai plantation forest. *AIP Conference Proceedings*, 3172(1), 020013. <https://doi.org/10.1063/5.0249195>