

Effet des Substrats à Base de Déchets Sylvicoles et Agricoles Sur la Croissance des Semis de *Terminalia ivorensis* A. Chev en Pépinière Forestière en Côte d'Ivoire

Kouame Adou Pangny Raymond

Laboratoire d'Amélioration de la production agricole,
Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

Groga Noël

Laboratoire d'Amélioration de la production agricole,
Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

Laboratoire d'Amélioration et de Valorisation Agricole,
UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa

Vouhy Bi Noel

Laboratoire d'Amélioration de la production agricole,
Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n9p189](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n9p189)

Submitted: 18 October 2022

Accepted: 22 March 2023

Published: 31 March 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Raymond K.A., Noël G. & Noel V. B. (2023). *Effet des Substrats à Base de Déchets Sylvicoles et Agricoles Sur la Croissance des Semis de Terminalia ivorensis* A. Chev en Pépinière Forestière en Côte d'Ivoire. European Scientific Journal, ESJ, 19 (9), 189.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n9p189>

Résumé

Cet article présente les résultats d'un essai conduit au niveau de la ferme expérimentale de l'Université Jean Lorougnon guédé de Daloa visant la production et l'évaluation des caractéristiques agronomiques du compost à base de déchets sylvicoles (broyat de branche de *pterygota bequaertii*) et agricoles (coque de café, coque de cacao, bouse de vache et fiente poulet) pour la production de plants de *Terminalia ivorensis*. A cet effet, après élaboration du compost, quatre substrats à base de compost et un témoin à base de terre local ont été confectionnés, caractérisés du point de vue physique et chimique et mis à l'essai en pépinière. Les plants étaient suivis à travers les mesures des paramètres de croissance végétale (la hauteur et le diamètre des tiges, le nombre de feuilles, la surface foliaire). Les résultats obtenus montrent que les

déchets sylvicoles et agricoles présentent une bonne aptitude au compostage, son compost peut être facilement produit avec ou sans stimulateur. Le comportement des plants des cinq substrats montre par ailleurs, que des améliorations qualitatives significatives ont été enregistrées chez les plants élevés dans les substrats à base de compost par rapport aux plants du témoin. Les plants élevés dans le compost affichent des gains significatifs de croissance allant de 37,57 à 100 % en hauteur, de 16,8 à 100 % en diamètre. Il est donc possible d'améliorer la qualité des plants de *Terminalia ivorensis* grâce à l'utilisation de compost de déchets sylvicoles et agricoles comme substrat de culture en remplacement de substrat minéral (terre local).

Mots-clés: Compost, substrat, *Terminalia ivorensis*, pépinière, croissance

Effect of Substrates Based on Forestry and Agricultural Waste on the Growth of *Terminalia Ivorensis* A. Chev Seedlings in a Forest Nursery in Ivory Coast

Kouame Adou Pangny Raymond

Laboratoire d'Amélioration de la production agricole,
Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

Groga Noël

Laboratoire d'Amélioration de la production agricole,
Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire
Laboratoire d'Amélioration et de Valorisation Agricole,
UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa

Vouhy Bi Noel

Laboratoire d'Amélioration de la production agricole,
Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

Abstract

This article presents the results of a trial conducted at the experimental farm of the Jean Lorougnon Guède University of Daloa aimed at the production and evaluation of the agronomic characteristics of compost made forestry (sawdust) and agricultural waste (coffee shell, cocoa shell, cow dung and chicken droppings) for the production of *Terminalia ivorensis* seedlings. Four composts based growing media and a control made of local soil were made, physically and chemically characterized and used for seedlings production in nursery according to a three block design. Plants were followed through of the plant growth parameters (stem height and diameter, number of leaves, leaf area). The results obtained show that forestry and agricultural

waste has a good ability for composting, its compost can be easily produced with or without stimulator. The behaviour of the plants of the five substrates also shows that significant qualitative improvements were recorded in the plants reared in the compost-based substrates compared to the control plants. Seedlings supplied by compost based growing media showed significant growth gains ranging from 37,57 % to 100 % in height, 16,8 % to 100 % in diameter. It is therefore possible to improve the quality of *Terminalia ivorensis* plants through the use of compost from forestry and agricultural waste as a growing medium in replacement of mineral substrate (local soil).

Keywords: Compost, growing media, *Terminalia ivorensis*, nursery, seedlings growth

1. Introduction

Dans le monde entier, les formations forestières jouent un rôle primordial dans l'équilibre de la nature et du climat (Kabulu *et al.* ; Tankoano, 2017). Elles remplissent de nombreuses fonctions telles que la fourniture d'aliments aux populations, la séquestration du carbone, la conservation de la biodiversité, le contrôle de l'érosion, le stockage de l'eau, etc. (Gbozé *et al.*, 2017). Malgré cette importance, la forêt dans la zone subsaharienne subit une forte pression du fait de l'accroissement démographique, des problèmes fonciers (Kasongo *et al.*, 2013) et surtout d'une agriculture de subsistance extensive à faible rendement pratiquée sur brulis. Ces pertes massives des forêts à l'échelle mondiale sont à l'origine du recul de la biodiversité et de la dégradation de l'ensemble des services écosystémiques des milieux naturels (Ciccarese *et al.* 2012, Hansen *et al.* 2013). Cette situation se traduit par la fragmentation et l'écrémage des forêts naturelles, la rareté et la disparition des essences de valeur telle que le *Terminalia ivorensis* (Framiré), ont dès lors entraîné la réduction de la continuité écologique des grands biomes des forêts semi-décidues de la zone forestière. La surface forestière ivoirienne par exemple, qui se chiffrait à 16 millions d'hectares en 1960, est aujourd'hui estimée à environ 2,5 million d'hectare (FAO, 2011). La surexploitation de la forêt en bois d'œuvre et bois d'énergie ainsi que les feux de brousse sont les causes de cette perte (FAO, 2009). En Côte d'Ivoire, parmi les alternatives à la déforestation, on note la préservation, la conservation, la réhabilitation et la restauration. Cela passe par la reconquête de plus de trois millions d'hectare de couvert forestier à l'horizon 2045 (BNETD, 2015).

Dans ce contexte de dégradation des ressources naturelles, la satisfaction des besoins des populations en produits forestiers ligneux, passe par la restauration des forêts dégradées et la mise en place des plantations artificielles (Kokutse, 2002 ; Adjonou, 2007). Pour y parvenir, la création de pépinières forestières modernes s'inscrivant dans un contexte de

développement durable respectueuse de l'environnement s'avère nécessaire. Ainsi, la notion d'une agriculture compétitive pour satisfaire les besoins croissants de la population mondiale et respecter l'environnement, demeure une nécessité, afin de confronter les défis. Les recherches récentes se sont orientées vers l'adaptation de nouvelles techniques et processus. Parmi eux, on peut citer la fertilisation organique qui résulte du compostage. Le compostage permet la décomposition biologique et la stabilisation des substrats organiques (Mustin, 1987 ; Stofella & Kahn, 2001). Cela constitue ainsi un mode de gestion des déchets organiques plus respectueux de l'environnement tout en favorisant des pratiques agricoles écologiques et surtout comme un aspect important de la fertilisation en agriculture durable.

Afin d'optimiser la croissance et le développement des plants en pépinière, le recours à un substrat de croissance optimal demeure opportun pour les forestiers. En effet, les pépinières forestières rencontrent des obstacles d'approvisionnement en terreau forestier de manière permanente. Pour pallier cet état de fait, les sylviculteurs ont recours au substrat minéral dont les propriétés physico-chimiques influencent négativement la croissance des plants. Cependant, l'utilisation du terreau forestier constitue souvent une source latente d'agents pathogènes, tels que les nématodes, les virus, ainsi que les mauvaises herbes.

Pour résoudre ces difficultés, le recours au compostage demeure une alternative efficace capable d'améliorer la fertilité du sol et réduire ainsi la pénibilité et le coût du travail. Le compostage représente une stratégie efficace pour recycler la biomasse sylvicole afin de confectionner des substrats de croissance adéquats pour la production des plants forestiers (M'Sadak *et al.*, 2012). En effet, le compostage permet la décomposition biologique et la stabilisation des substrats organiques (Stofella & Kahn, 2001). En Côte d'Ivoire, dans les zones d'exploitation forestière, les pertes liées aux déchets sylvicoles demeurent importantes. Cela est dû au manque de matériels convenables capables de tirer profit du matériel végétal exploité. En absence de substrat standard, les supports de culture utilisés en pépinières sont composés de terre disponible sur place utilisée seule ou en mélange avec généralement du sable. Ces substrats sont certes économiques, mais plusieurs travaux dont ceux de Fellah (1979) et Letreuch-Belarouci (1981) ont montré qu'ils ne permettaient pas de produire des plants de qualité en raison de leurs propriétés physiques et chimiques peu convenables. Dès lors, l'utilisation du compost s'avère être une alternative solide pour résoudre le problème crucial de la fertilité des sols et optimiser ainsi la production de plants forestiers. L'objectif principal de cette étude est d'optimiser la production de plants de *Terminalia ivorensis* par le développement de substrats de croissance. De façon spécifique, il s'agit de, (1) déterminer les caractéristiques physico-

chimiques des substrats de croissance et (2) d'analyser l'effet de ces substrats sur la vigueur des plants en pépinière de *Terminalia ivorensis*.

2. Matériel et Méthodes

Matériel

Site expérimental

Le site d'expérimentation de l'Université Jean Lorougnon Guédé, dans la ville de Daloa, a servi à conduire les expérimentations (Figure 1).

Daloa est une ville du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, en Afrique de l'Ouest (Figure 2). Chef-lieu de la région du Haut-Sassandra, Daloa est située à 383 km d'Abidjan (capitale économique). Sa population en 2012, était estimée à 261789 habitants. C'est aussi la 3^{ème} ville la plus peuplée, après Abidjan et Bouaké (INS, 2015).

Le climat est celui du domaine Guinéen, caractérisé par un régime équatorial et subéquatorial à deux maxima pluviométriques. Le mois de Juin représente le pic de la grande saison pluvieuse et celui de Septembre, le pic de la petite saison. Ces deux maxima sont séparés par un ou deux mois plus ou moins pluvieux (Brou, 2005).

Les formations géologiques sont celles du Précambrien moyen, dominées essentiellement par les granites, auxquels s'ajoutent quelques intrusions de schiste et de flysch. Selon les études réalisées par Dabin *et al.* (1960), les sols dans le département de Daloa sont ferrallitiques moyennement lessivés (ou désaturés). Les caractères pédologiques présentent, un pH moins acide (5,3 à 6,5), une teneur en bases échangeables plus élevée (5 à 8 cmol.kg⁻¹) et un taux de saturation nettement plus élevé (40 à 50 %) ; il en résulte une meilleure évolution de la matière organique qui se stabilise dans un horizon humifère, le rapport C/N est en général voisin de 9 à 12 (Zro *et al.*, 2016).

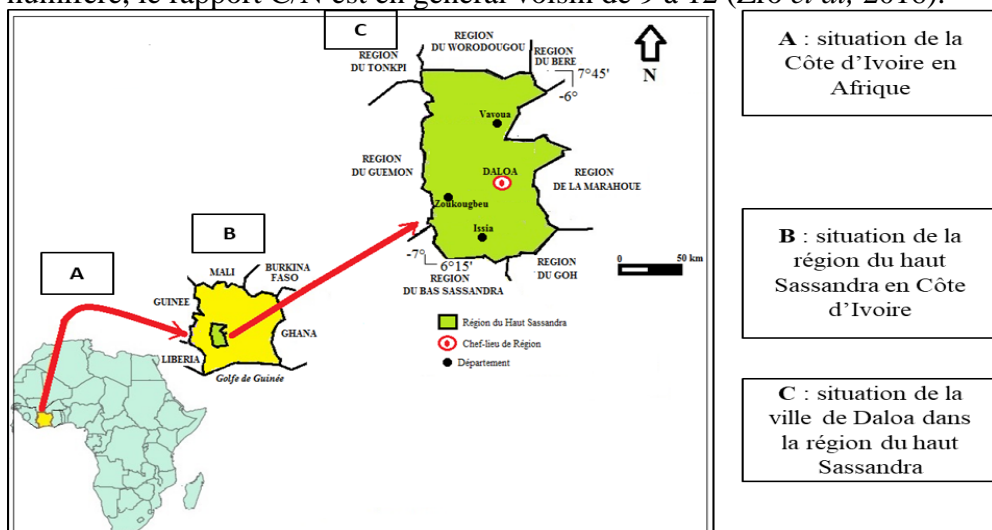


Figure 1. Carte de localisation de la région du Haut – Sassandra (INS, 2015)

Matériel biologiques

Le matériel biologique est constitué de graines de *Terminalia invorensis* A. CHEV provenant de la forêt classée de Tené à Oumé, ville située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, de broyat de branche de *pterygota bequaertii* (koto) et déchets agricole (coque de café, coque de cacao, bouse de vache et fiente poulet)

Méthodes

Production du compost

Substrats de croissance

Les formulations de substrat sont les suivantes :

- Formulation 1 (SA) substrat résultant du son de riz (70 kg), sciure de bois (100 kg), lait de vache (1 L), Un bio-activateur obtenu à l'aide de la technologie EM (micro-organisme efficaces), a été utilisé pour raccourcir la durée de maturation du compost. Le bio-activateur correspond à un kit commercial associant des micro-organismes naturel couramment utilisés dans l'alimentation et existant dans la nature. Ce sont les levures, les bactéries lactiques et photosynthétiques (Higa, 1994) (levure boulangère 200 g), du miel (0,75 l), et feuilles de Moringa (5 kg)
- Formulation 2 (SB), substrat résultant du compostage de la fiente de volaille (50 kg), feuille de bananier (*Musa sp*) (10 kg), sciure de bois carbonisé (100 kg), coque de café (50 kg) et de la sciure de bois (100 kg).
- Formulation 3 (SC), substrat résultant du compostage, sciure de bois (120 kg), bouse de vache (100 kg) utilisé comme fumure organique ; fiente de poulet (100 kg), cabosse de cacao (10kg), sciure de bois carbonisé
- Formulation 4 (SD), substrat résultant du compostage, sciure de bois (120 kg), bouse de vache (50 kg) utilisé comme fumure organique ; fiente de poulet (50 kg), sciure de bois carbonisé (100 kg).

NB : pour le processus de compostage de l'eau y a été ajoutée pour atteindre une humidité relative de 55 % à 60 %

Compostage

Broyage de la biomasse mise en compostage

Le compost utilisé dans notre étude aura comme matière organique de base de la sciure issue d'une essences forestières (*pterygota bequaertii*) prélevée dans une grande scierie de la ville

NB : sciure de bois provenant de billes non traitées

Mise en andains et processus de compostage

L'andainage a été réalisé sur une aire bétonnée. D'abord les broyats de branches *pterygota bequaertii* ont été déposés en couches de matière fraîche. Afin de stimuler le processus de compostage, des intrants (coque de café, coque de cacao, bouse de vache, et fientes de volailles) ont été ajoutés comme source d'azote de phosphore et de potassium. Enfin l'eau y a été apportée afin d'avoir une humidité optimale de 50 à 60 %.

Suivi de l'évolution du compost sylvicole

Le retournement du compost a été effectué en fonction de la température. Il a été réalisé manuellement à la fréquence de trois à cinq par cycle de compostage (six mois au minimum). La température à l'intérieur des andains et le pH ont été suivies comme deux variables essentielles de contrôle du processus (Finstein & Morris, 1975). Le suivi quotidien de la température du compost a été effectué, d'une manière continue et en six endroits répartis au niveau de chaque andain, à l'aide d'un thermomètre à sonde de 90 cm de longueur. Le suivi journalier de la température permettait de détecter les différentes phases de compostage et d'intervenir pour réajuster les paramètres essentiels à l'activité microbienne qui sont l'oxygénation et l'humidité. Au besoin, des arrosages sans excès ont été effectués de façon à maintenir un taux d'humidité de 50 à 60 % (Barrington *et al.*, 2002)

Mise en place des pépinières

Construction de l'ombrière

Une ombrière d'une superficie de 80 m² (10 m de long et 8 m de large) a été construite pour accueillir les plants. Comme les ombrières habituellement recommandées, elle a une hauteur de 2 m avec une légère pente à deux versants permettant d'évacuer facilement l'eau de pluie. Elle a été par la suite couverte de palmes (feuille du palmier) en vue de refléter une grande partie de l'ensoleillement. Les jeunes plants pendant les premiers stades de leur développement ont besoin pour une croissance optimale d'un ombrage relativement dense ne laissant que 25 à 50% de la lumière totale afin de représenter le plus possible les conditions d'ensoleillement en sous-bois. (Corbineau & Côme, 1993). Des palmes ont été également mis autour de l'ombrière pour protéger les jeunes plants contre les animaux domestiques et améliorer l'ombrage au sein de l'ombrière.

Remplissage des phytocels

Ce travail a consisté d'abord à remplir nos phytocels de 17 cm de long et 10 cm de large en matière organique à l'aide d'un transplantoir et ensuite à perforer le fond des phytocels à l'aide d'une binette afin d'en faciliter l'évacuation de l'eau en cas d'excès lors de l'arrosage. Le travail de

remplissage des phytocels s'est fait manuellement. On peut résumer la succession des opérations comme suit :

- Remplir d'abord les sachets de polyéthylènes à moitié et ensuite secouer pour compaction ;
- Remplir complètement et se servir des doigts pour compacter légèrement les cavités surtout celles situées au coin des phytocels ;
- Secouer une dernière fois et enlever l'excès de substrat avec la main ;
- Surveiller pour une compaction adéquate et uniforme
- L'empilement des phytocels doit être décalé afin d'éviter une compaction excessive ;
- Faire un test de chute du phytocel, à une hauteur de près de 40 cm, pour évaluer la compaction (si la compaction est adéquate, alors il on note un léger affaissement de 1cm).

La compaction du substrat lors du remplissage est un facteur très important. En effet, une mauvaise densité du substrat nuira au développement racinaire des plants. La compaction doit être normale et uniforme. L'erreur la plus fréquente est la faible compaction des cavités situées dans les coins des conteneurs

Il nous faut maintenant préciser que chaque phytocels comprend une quantité nette de 1 kg de substrat (matière organique). Les 600 phytocels que nous avons achetés ont été remplis en laissant 1 à 2 cm de hauteur libre.

Dispositif expérimental

L'essai a été conduit selon un dispositif en blocs complets randomisés à trois répétitions et à un niveau de facteur. Il est composé de 15 parcelles élémentaires (1 espèce x 5 niveaux de substrat x 3 blocs), long de 1 m et large de 0,5 m de chacune. Une parcelle élémentaire contient 40 phytocels de pépinières soit un total de 600 phytocels pour tout l'essai. Les blocs ont été séparées de 1 m l'une de l'autre, chaque bloc comprend 200 phytocels dont 40 phytocels par parcelle élémentaire. Les parcelles élémentaires de chaque bloc ont été séparées par une baquette.

Au niveau des blocs, chaque parcelle élémentaire porte une étiquette sur laquelle est écrit le nom de l'espèce et le traitement appliqué.



Figure 2. Dispositif expérimental

Préparation du matériel végétal

La préparation du matériel végétal a consisté à enlever les ailes qui se trouvent de part et d'autre de la graine de Framiré. Vu que les graines ont une coque très épaisse, pour lever la dormance, les graines ont d'abord été trempées dans de l'eau pendant 24 h (Figure 3). Elles ont ensuite été retirées et mises à l'air libre pendant une demi-journée et enfin retrempées dans l'eau pendant 24 h.



Figure 3. Prétraitement des semences

Semis

Un semis direct des graines à raison de 2 graines par phytocels a été fait tôt le matin avant le lever du soleil en vue de conserver l'humidité à l'intérieur des phytocels. A cet effet, nous avons semé 300 graines. Un arrosage a été fait la veille avant le semis et après le semis afin de mettre les graines dans de bonnes conditions de germination. Dans le but de faciliter la sortie de terre des plantules, une ouverture de 2 à 3 cm a été faite dans les phytocels (Figure 4B) avant d'y poser les graines en position épicotylée (mode de semis qui consiste à mettre en terre la graine avec la partie cotylédonaire dirigée vers le haut).

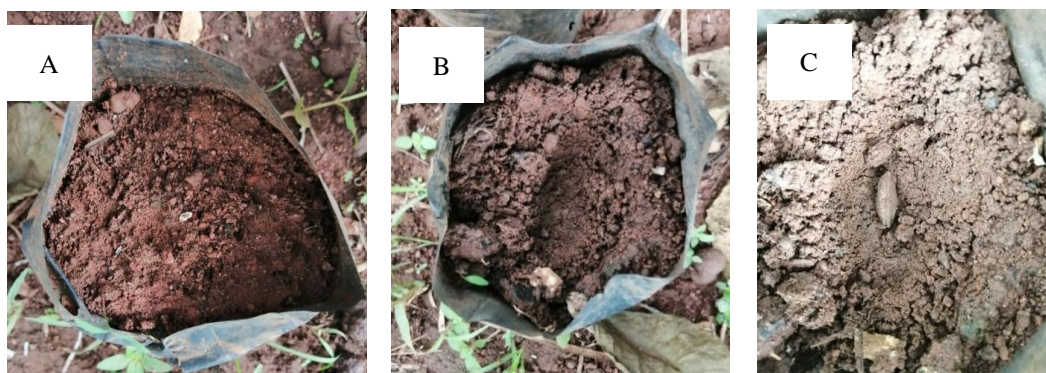


Figure 4: Semis

A : Binage ; B : Ouverture d'une fente ; C : Positionnement du grain

Travaux d'entretien

Sur le terrain nous avons eu recours à trois types d'opération d'entretien, qui sont :

- l'arrosage qui a consisté à apporter de l'eau aux cultures. Chaque bande recevait 15 litres d'eau soit 0,35 l par plant.
- le sarclage qui a consisté à enlever les plantes adventices qui entrent en concurrence en eau et en sels minéraux avec les plantes cultivées. Le sarclage se faisait régulièrement pour augmenter le développement des plants.

Collecte des données

La collecte des données a été effectuée sur un échantillon de 90 plants à raison de 3 plants par parcelle élémentaire.

Les données collectées au niveau des plants portent sur :

- Taux de germination ;
- Dynamique de germination ;
- Hauteur moyenne des plants ;
- Diamètre de la tige ;

Taux de germination des graines

Le nombre de plants germé se caractérise par la sortie de terre des plantules. Cette variable a été collectée dès l'apparition des premiers plants levés (deux semaine après semis) jusqu'à la levée totale de tous les plants, 15 jours après la première levée. Soit un mois et cinq jours après la mise en terre des graines. Le taux de germination est donné par le rapport entre le nombre de plants levés et le nombre total de semis à savoir 30 graines par traitement. Il en ressort la formule ci-dessous.

$$TG(\%) = \frac{\text{Nombre de plants germé} \times 100}{\text{Nombre total de semis}}$$

Hauteur moyenne et nombre de feuilles

La hauteur moyenne et le nombre de feuilles ont été collectés toutes les deux semaines (de la 5^{ième} à la 15^{ième} semaine après semis). La hauteur des plants a été mesurée du collet jusqu'au bourgeon apical de la plante à l'aide d'une règle graduée de 40 cm. Les feuilles comptées sont celles qui ont toutes les parties bien constituées et différenciées notamment le limbe, le pétiole et les nervures principales et secondaires pour éviter la destruction des feuilles pendant les mesures. Les feuilles ont été comptées de la base de la plantes (première feuilles apparues), jusqu'au niveau de l'apex (dernière feuilles apparues).

Diamètre de la tige

Le diamètre de la tige a été mesuré de la 5^{ième} à la 15^{ième} semaine après semis sur les mêmes plants. Les mesures du diamètre des tiges principales ont été faites à l'aide d'un pied à coulisse. Une mesure a été faite au niveau de collet de la tige (Dm1) et en dessous des dernières feuilles apparues (Dm2). Une moyenne a été par la suite établie entre ses deux mesures.

Traitement et analyse des données

Les données collectées ont été saisies à l'aide du logiciel EXCEL 2013. Il nous a permis de faire des tableaux croisés dynamiques avec les données obtenues afin de construire des courbes d'évolution par facteur en fonction du temps. Ces courbes nous ont permis de comparer les différents traitements dans le temps.

Pour comparer statistiquement les différents traitements, le logiciel STATISTICA version 7.1 a été utilisé pour les analyses de variance (ANOVA). Aussi, le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls (S-N-K) a été utilisé pour classer les différents traitements par groupe homogène lorsque l'ANOVA révèle une différence au niveau des traitements. Cette différence est affirmée lorsque la probabilité (Pr) obtenue pour un facteur ou pour la combinaison des deux facteurs est inférieure à 5% (notre

seuil de significativité). Ainsi, lorsque Pr est inférieur à 0,05, la différence est dite significative. Si Pr est inférieure à 0,01, cette différence est dite hautement significative et lorsque Pr est inférieure à 0,001 : elle est dite très hautement significative.

3. Résultats et Discussion

Résultats

Caractéristiques physiques des substrats de croissance

La figure 5 illustre l'évolution des porosités totale, d'aération et de rétention des cinq substrats de croissance étudiés. Ces cinq substrats testés répondent tous aux règles d'appréciation des porosités totale et d'aération ; cependant, le substrat S0, n'est pas conforme du point de vue de la porosité de rétention (minimum 30 %). Du point de vue de la porosité totale, les substrats (S0, SC) et (SA, SB, SD) ne diffèrent pas significativement entre eux. Concernant la porosité de rétention, les substrats SA, SC ne diffèrent pas significativement entre eux. Enfin, concernant la porosité d'aération, les substrats (SA, SC), (SD, S0) ne diffèrent pas significativement.

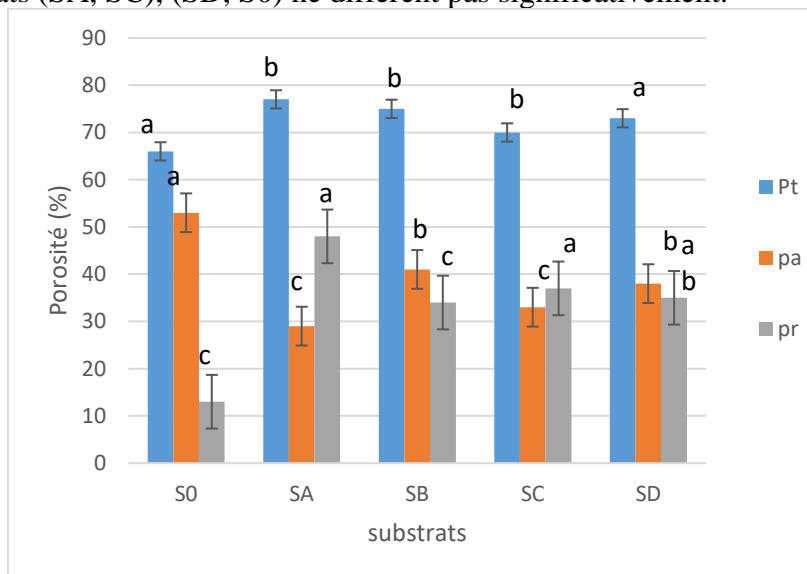


Figure 5. Caractéristiques physiques des substrats de croissance

Porosités totale (Pt), d'aération (Pa) et de rétention (Pr) des substrats de croissance testés

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre de porosité. Les moyennes de chaque paramètre (barres verticales de même couleur) suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de

Duncan. S0 : substrat minéral ; SA : formulation 1 ; SB : formulation 2 ; SC : formulation 3 ; SD : formulation 4

Caractéristiques chimiques des substrats de croissance

Le tableau I illustre les résultats relatifs aux paramètres chimiques des quatre substrats de croissance élaboré. Les valeurs du pH révélé montrent que ce paramètre varie entre 6,2 et 6,7. Les résultats relatifs au pH indiquent qu'il existe une différence significative entre les substrats testés. Il ressort également du tableau que la salinité des substrats testés varie entre 1,09 et 1,15 g/l. La salinité du substrat SC est significativement plus élevée que celle des autres substrats. Le substrat issu de la technologie « Effective Microorganismes » a présenté la valeur la plus faible (S= 0,98 g/l). Pour tous les substrats, les taux de MO obtenus sont relativement importants, aussi le rapport C/N varie entre 10 et 12. Les teneurs des éléments potassium (K) et phosphore (P) sont plus ou moins représentatifs dans tous les substrats.

Tableau 1. Paramètres chimiques des différents substrats étudiés

Echantillons	PH	Conductivité (mmhos/cm ³)	Salinité (g/l)	MO(%)	Cot(%)	N(%)	C/N (%)	P(%)	K(%)
SA	6,7a	1,7a	0,98c	63,8b	19,4a	1,86c	10c	5,05c	7,46ab
SB	6,3b	1,4b	1,12a	65,1ab	18,2a	1,46ab	12a	9,08b	11,36c
SC	6,4a	1,65ab	1,13ab	64c	17,7a	1,56a	11c	8,1a	13,53a
SD	6,2c	1,3c	1,09b	60,2d	16,2a	1,37b	11b	7,09a	12,39c

S0 : substrat minéral ; SA : formulation 1 ; SB : formulation 2 ; SC : formulation 3 ; SD : formulation 4

Effet des traitements sur la germination des graines

Le taux de germination des graines de l'espèce étudiée a varié en fonction des traitements. Comparativement au témoin (S0), le substrat (SB) a été favorable à l'expression germinative des graines avec un taux de germination de 95%. Le substrat SA a présenté le plus faible taux germination (78%). Toutefois il faut noter que sur tous les substrats ont présenté un taux de germination supérieurs à 75% (Figure 6).

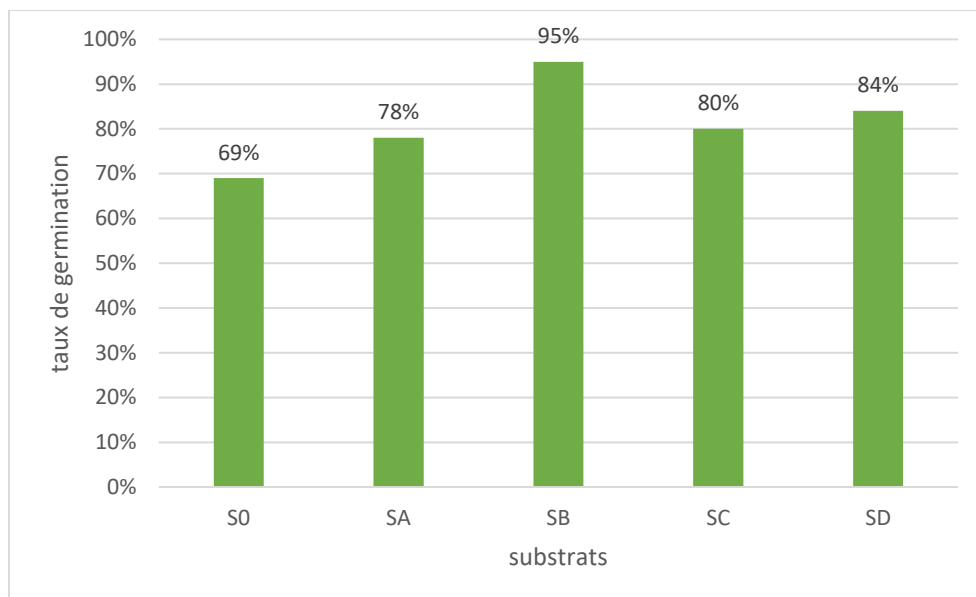


Figure 6. Taux de germination en fonction des différents substrats

S0 : substrat minéral ; SA : formulation 1 ; SB : formulation 2 ; SC : formulation 3 ; SD : formulation 4

Dynamique de germination

La figure 7 a montré que le taux et la période de levée ont varié d'un substrat à un autre. Pendant la première semaine, il n'y a pas eu de levée au niveau des différents substrats. Les premières germinations ont été observées à partir de la deuxième semaine, où le nombre de germination le plus importants a été observé avec le substrat SB.

À partir de la troisième, on a enregistré au niveau de tous les substrats un taux germination supérieurs à 50 % à part le substrat SC. Le nombre de plantules a augmenté avec les doses de fertilisants pour atteindre un maximum de 16 plants à la cinquième semaine après semis pour le traitement T4 contre 8 l'évée pour le témoin S0

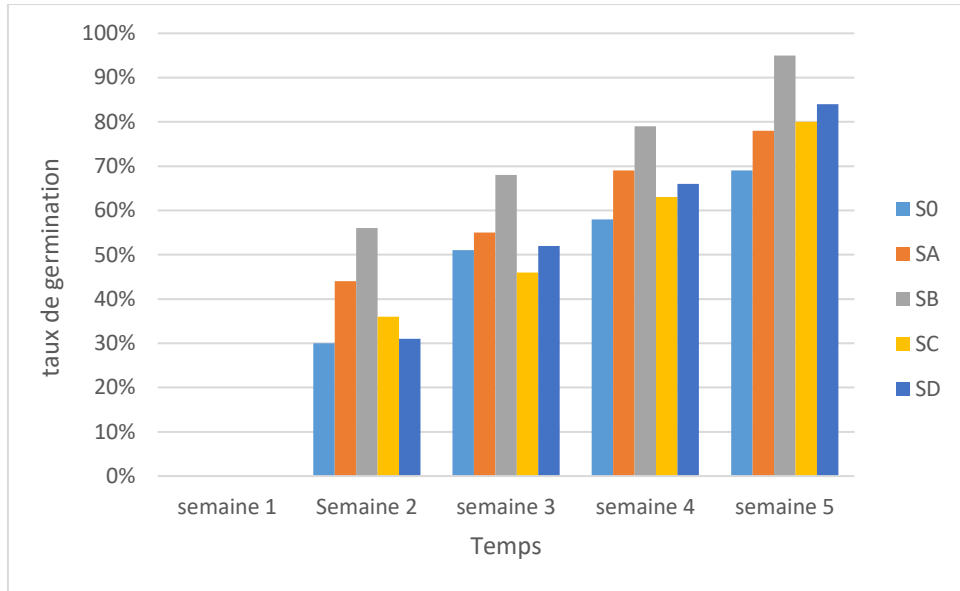


Figure 7. Histogramme d'évolution des taux de germination en fonction du temps
 S0 : substrat minéral ; SA : formulation 1 ; SB : formulation 2 ; SC : formulation 3 ; SD : formulation 4

Hauteur moyenne des plantes en fonction des traitements

L'analyse de variance des données sur la hauteur, de la 5^{ème} à la 15^{ème} semaine après semis a montré que l'utilisation des substrats organiques sur les semis de Framiré a eu un effet hautement significatif ($P < 0,001$) sur la croissance en hauteur des tiges de la 7^{ème} à la 15^{ème} semaine (Tableau II). Le substrat SA s'est avéré le plus significatif avec une hauteur moyenne dominante de $14,70 \pm 1,57$ mm à la dernière prise de donnée (15^{ème} semaine après semis)

Tableau 2. Comparaison des moyennes des hauteurs en fonction des traitements

Hauteur (cm)	Framiré					
	5 SAS	7 SAS	9 SAS	11 SAS	13 SAS	15 SAS
S0	3,5±0,27 ^a	3,97±0,25 ^c	4,47±0,45 ^c	5,00±0,26 ^d	5,90±0,30 ^c	7,00±0,20 ^c
SA	3,8±0,15 ^a	6,60±0,44 ^a	8,30±0,95 ^a	10,67±0,90 ^a	12,57±1,36 ^a	14,70±1,57 ^a
SB	4±0,15 ^a	5,95±0,07 ^{ab}	6,90±0,14 ^{ab}	9,20±0,99 ^b	10,05±0,64 ^{ab}	12,00±0,71 ^{ab}
SC	3,7±0,12 ^a	5,70±0,35 ^{ab}	6,20±0,20 ^{abc}	8,30±0,62 ^{bc}	9,03±0,25 ^b	10,53±0,30 ^{bc}
SD	3,5±0,38 ^a	5,53±0,06 ^{ab}	5,83±0,15 ^{bc}	6,63±0,21 ^{cd}	7,53±0,21 ^{bc}	9,63±0,32 ^{bc}
prob	0,053 ^{ns}	0,000 ^{**}	0,0000 ^{**}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}

Pour chaque moyenne les valeurs portant les mêmes lettres (a, b, c) dans la même colonne sont statistiquement identique au seuil de 5 % ns : non significatif ; * : significatif ; ** : hautement significatif ; SAS : semaine après semis, S0 : substrat minéral ; SA : formulation 1 ; SB : formulation 2 ; SC : formulation 3 ; SD : formulation 4

Diamètre de la tige

Les analyses de variance des données sur la hauteur, de la 5^{ième} à la 15^{ième} semaine après semis ont montré que l'utilisation des substrats organiques sur les semis de Framiré a eu un effet hautement significatif ($Pr < 0,001$) sur la croissance en épaisseur des tiges de la 7^{ième} à la 15^{ième} semaine (Tableau III). Le substrat SA s'est avéré le plus significatif avec un diamètre moyen dominant de $3,88 \pm 0,12$ mm à la dernière prise de donnée (15^{ième} semaine après semis).

Tableau 3. Comparaison des moyennes des diamètres en fonction des traitements

Diamètre de la tige (mm)						
	5 SAS	7 SAS	9 SAS	11 SAS	13 SAS	15 SAS
Framiré						
S0	1,1±0,06 ^a	1,12±0,04 ^f	1,21±0,02 ^e	1,35±0,02 ^c	1,49±0,03 ^c	1,65±0,10 ^c
SA	1,13±0,05 ^a	1,76±0,04 ^a	2,14±0,06 ^a	2,57±0,18 ^a	2,91±0,34 ^a	3,88±0,12 ^a
SB	1,16±0,10 ^a	1,49±0,09 ^b	1,76±0,10 ^b	2,06±0,12 ^b	2,25±0,08 ^b	3,36±0,28 ^a
SC	1,14±0,05 ^a	1,33±0,05 ^c	1,49±0,07 ^{bc}	1,71±0,08 ^{bc}	1,86±0,11 ^b	2,47±0,30 ^a
SD	1,11±0,04 ^a	1,21±0,02 ^{ef}	1,32±0,06 ^{cd}	1,47±0,07 ^{cd}	1,60±0,03 ^c	1,86±0,18 ^b
Prob	0,897 ^{ns}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}

*Pour chaque moyenne les valeurs portant les mêmes lettres (a, b, c) dans la même colonne sont statistiquement identique au seuil de 5 % ns : non significatif ; * : significatif ; ** : hautement significatif ; SAS : semaine après semis, S0 : substrat minéral ; SA : formulation 1 ; SB : formulation 2 ; SC : formulation 3 ; SD : formulation 4*

Surface foliaire

Le Tableau IV présente les analyses de variance des données sur la surface foliaire, de la 5^{ième} à la 15^{ième} semaine après semis. Il ressort de ces résultats que l'application du fertilisant organique sur le Framiré a présenté un effet hautement significatif ($Pr > 0,05$), à tous les temps de mesures, à l'exception de la première prise de mesure. Le substrat SA s'est avéré le plus significatif avec une surface foliaire moyenne dominante de $45,96 \pm 3,20$ cm² à la dernière prise de donnée (15^{ième} semaine après semis).

Tableau 4. Comparaison des moyennes des surfaces foliaires en fonction des traitements

Surface foliaire (cm ²)	Traitements					
	5 SAS	7 SAS	9 SAS	11 SAS	13 SAS	15 SAS
Framiré						
S0	5,98±0,86 ^a	11,98±0,86 ^c	13,08±0,71 ^{dc}	15,09±1,59 ^d	17,75±1,70 ^c	19,76±1,24 ^{ef}
SA	5,39±1,08 ^a	29,22±7,69 ^a	33,47±5,81 ^a	38,95±4,28 ^a	43,33±3,77 ^a	45,96±3,20 ^a
SB	5,54±1,42 ^a	19,42±0,71 ^b	21,35±1,67 ^{bc}	24,42±0,96 ^c	29,64±2,82 ^b	33,44±2,47 ^{bc}
SC	6,49±0,95 ^a	21,89±1,59 ^b	26,22±1,89 ^{ab}	30,28±3,06 ^b	39,24±3,20 ^a	40,43±3,57 ^{ab}
SD	4,99±0,24 ^a	13,88±0,73 ^c	16,56±1,71 ^{bcd}	19,03±1,95 ^{cd}	22,61±2,03 ^{bc}	25,46±1,65 ^{cd}
Prob	0,442 ^{ns}	0,001 [*]	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}

Pour chaque moyenne les valeurs portant les mêmes lettres (a, b, c) dans la même colonne sont statistiquement identique au seuil de 5 % ns : non significatif ; * : significatif ; ** : hautement significatif ; SAS : semaine après semis, S0 : substrat minéral ; SA : formulation 1 ; SB : formulation 2 ; SC : formulation 3 ; SD : formulation 4

Discussion

Notre étude a porté sur l'évaluation de l'effet des substrats à base de déchets sylvicoles et agricoles sur la croissance et le développement des semis de *Terminalia ivorensis*. Plus spécifiquement l'étude a porté sur :

- **L'évaluation de l'effet des différents substrats sur le comportement germinatif et végétatif des plants de *Terminalia ivorensis*.**

Il ressort de ces résultats que les substrats ont eu une influence sur la germination des graines de Framiré. Comparativement au témoin (S0) constitué de terre local tous les substrats développés ont été favorables à l'expression germinative des graines avec un taux de germination supérieur à 60 %, cela pourrait se justifier par le fait que la présence en grande quantité de sciure de bois, améliore l'aération des substrats de croissance, leur capacité de rétention en eau et contribue au maintien de la structure du substrat donc un bon développement de la racine qui est une condition préalable de la levée (Steward *et al.*, 1997).

Aussi ce taux de germination supérieurs 50 % enregistré par nos différents substrats peut se justifier d'une part par la durée de conservation des semences et les conditions de conservation. En effet une fois ramassés, les fruits doivent être séchés au soleil pendant quelques jours. Fraîches ou après avoir séché en plein soleil, les graines ont un taux de germination qui peut atteindre 90 %, mais chute à moins de 50 % si elles sont entreposées pendant un an (Gyimah, 1999). Selon Ahoton *et al.* (2011), les graines de courte durée de conservation ont un taux de germination élevé. Ils ont obtenu un taux de 87 % avec des graines de *Terminalia superba* conservé pendant 2 semaines après récolte. Les études menées en Côte d'Ivoire en 2003 par le comité technique de la SODEFOR, portant sur les caractéristiques des semences et semenciers en pépinière des essences forestières, ont présenté un taux de germination de

55 % pour le *Terminalia superba* La durée des levées quant à elle, s'est étalée sur deux à quatre semaines, différente de la période de nos levées qui s'est étendue sur 5 semaines.

- **Comportement des jeunes plants de *Terminalia ivorensis***

La hauteur et le diamètre sont considérés parmi les facteurs morphologiques qui peuvent prédire au mieux la performance des plants après plantation. La hauteur constitue un bon indicateur de la capacité photosynthétique et de la surface de transpiration, lesquelles sont étroitement corrélées avec le nombre des feuilles (Armson, Sadreika, 1974, cité par Lamhamedi *et al.*, 1997). Le diamètre est généralement corrélé avec différents paramètres morphologiques (hauteur, poids sec total, poids sec des racines et poids sec de la partie aérienne). Les plants ayant un gros diamètre possèdent généralement des racines latérales bien développées (Rowan, 1986, cité par Lamhamedi *et al.*, 1997), conférant aux plants un meilleur taux de survie après repiquage (Hatchell, 1986, cité par Lamhamedi *et al.*, 1997).

En outre il faut noter quel que soit la culture, le comportement des plants est fonction du type de substrat, mais aussi des applications faites. En général l'usage de substrat organique améliore de manière significative la croissance des plants comparé au substrat minérale (témoin S0 « terre local »). De plus d'après les analyses l'utilisation de substrat organique améliore de manière significative la croissance des différents plants de *Terminalia ivorensis* comparé au témoin. Au niveau des plants, le substrat SA s'est montré hautement significatif suivi du substrat SB et SC aussi bien au niveau de la hauteur, du nombre de feuilles que du diamètre au collet comparé au traitement Témoin S0. Les différences observées entre le substrat organique et le substrat minéral sur la croissance des plants sont fonctions des propriétés de ces derniers (fertilisants). Toutefois la particularité du substrat SA (bokashis) par rapport aux autres composts est que le bokashis présente du point de vue chimique, des teneurs en éléments fertilisants supérieurs. En effet pendant la phase de culture la forte activité des microorganismes augmente la teneur en éléments fertilisants (N, P et K). D'après Aho & Kossou, 1997, les éléments nutritifs dont l'azote stimulent la végétation en accélérant la formation et la croissance des organes végétatifs des plants. En effet, l'utilisation des produits à base de microorganismes efficaces améliore la qualité des sols, la croissance, le rendement et la qualité des cultures (Hussain *et al.*, 1999). Par ses recherches sur la diversité des microorganismes dans les substrats de production végétale, Higa (1994) a montré que le compost à base de microorganismes efficace, a pour vocation de fertiliser le sol, d'assurer une nourriture et une diversification de microorganismes du sol, de favoriser la désintoxication du sol et de garantir une disponibilité immédiate des éléments nutritifs nécessaire au développement des plantes. Hu & Qi (2013) ont cherché à déterminer si l'inoculation de composts avec de l'EM avantage les cultures

de blé et la qualité du sol au cours d'une expérience de terrain de onze ans en Chine. Il ressort de leurs résultats que les plantes de blé recevant le traitement EM produisent plus de matières sèches au niveau de la tige et des feuilles, présentent des quantités importantes en azote, phosphore et potassium dans les feuilles des céréales par rapport aux traitements traditionnels au compost. Les chercheurs ont estimé que les organismes introduits avec l'inoculat EM stimulent la décomposition des matières organiques et, par conséquent, la minéralisation des nutriments pour l'absorption par les plantes, entraînant des effets positifs sur les rendements et la qualité du blé (Hu & Qi, 2013).

Conclusion

Ce travail avait pour objectif général d'optimiser la production de plants forestiers par le développement de substrats de croissance, par compostage de matières organiques disponibles et évaluer leur potentiel pour la production de plants de *Terminalia ivorensis* A Chev. En testant 4 substrats organiques à base de déchets sylvicoles et agricoles. Puis déterminer le substrat présentant les meilleures propriétés physico-chimiques et optimaux à la croissance des plants sur les cinq substrats formulés : S0 (témoin terre local), SD, SB, SC, et SA (du Bokashi). Les analyses des résultats obtenus par notre étude ont montré que :

Tous les substrats organiques induisent des croissances plus importantes par rapport au témoin S0 (terre local). Le substrat SA (Bokashi) s'est avéré le plus significatif avec une hauteur dominante de $14,70 \pm 1,57$ cm et un diamètre moyen de $3,88 \pm 0,12$ mm contre une hauteur de $7,00 \pm 0,20$ cm et un diamètre moyen de $1,65 \pm 0,10$ cm au niveau du témoin, à la dernière prise de donnée (15^{ème} semaine après semis).

Cette étude a prouvé que les substrats organiques pourraient constituer une alternative réelle à la production des plants forestiers. Elle est d'autant plus intéressante que l'adoption de substrats organiques pourraient permettre à la fois l'augmentation durable des productions sylvicoles particulièrement le cas du Framiré et la réduction de la dégradation des sols forestiers. Ainsi le secteur forestier pourra s'inscrire dans une agriculture respectueuse de l'environnement.

References:

1. Adjonou K. (2007). Influence des facteurs écologiques sur les propriétés biophysiques du bois de teck en plantation au Togo. Mémoire de DEA, Université de Lomé, 94p
2. Aho N. & Kossou D. K., 1997. Précis d'Agriculture tropicale Bases et Eléments d'Applications. Editions du Flamboyant, Cotonou. 447p
3. Ahoton & Al. (2011). Les jeunes tiges de *Terminalia superba* Engler et Diels en pépinière, France. 25p

4. Barrington S., Choinière D., Trigui M., Lighth W., (2002). Effect of carbon source on compost nitrogen and carbon losses. *Bioresources Technology*, vol. 83, n° 3, pp. 189-194. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(01\)00229-2](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(01)00229-2)
5. BNETD. (2015). Stratégie nationale de préservation, de réhabilitation et d'extension des forêts. Ministères des Eaux et Forêts (Côte d'Ivoire), 49p.
6. Brou YT (2005). Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques. Habilitation à Diriger des Recherches, Université des Sciences et Technologies de Lille, France, 21p
7. Ciccacese L., Mattsson A., Pettenella D. (2012). Ecosystem services from forest restoration: thinking ahead. *New For.*, 43:543-560.
8. Corbineau, F. & Côme, D. (1993). Improvement of germination of *Terminalia ivorensis* seeds. *Forest Genetic Resources Information* 21: 29–36.
9. Dabin B, Leneuf N. & Riou G: (1960). Carte pédologique de la Côte d'Ivoire au 1/2.000.000. Notice explicative. ORSTOM, 39 p.
10. FAO (2011). La situation des forêts du monde, 193 p
11. FAO. (2009). Situation des forêts du monde 2009. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, Italie, 152 p.
12. Fellah A., (1979). Problèmes des substrats en pépinières forestières et les effets d'utilisation d'un compost. Mémoire ingénieur, Alger : INA El-Harrach, 45 p
13. Finstein M.S., Morris, M.L., (1975). Microbiology of municipal solid waste composting. *Advances in applied microbiology*, n° 19, pp. 113-51. [https://doi.org/10.1016/s0065-2164\(08\)70427-1](https://doi.org/10.1016/s0065-2164(08)70427-1)
14. Gbozé A.E., Coulibaly B., Kassi N'.J. et N'Guessan K.A. (2017). Evaluation de la flore et des stocks de carbone de la forêt relique du site de la Diresction Régionale d'Abidjan du CNRA (Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 147(2) : 219-231.
15. Gyimah, A. (1999). Storage of *Terminalia Superba* seeds. *Ghana Journal of Forestry* 7: 21-24.
16. Hansen MC, Potapov P. V., Moore R, Hancher M, Turubanova SA, Tyukavina A, Thau D, Stehman SV, Goetz SJ, Loveland TR, Kommareddy A, Egorov A, Chini L, Justice CO, Townshend JRG (2013) High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342: 850-853
17. Higa, T., Parr J. F. (1994). Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research Center, Atami, Japan, 25 p. <http://www.em-la.com/>

- archivos
deusuario/base_datos/em_for_sustainable_agriculture_environment.
pdf. Consulté le 01/12/2017.
18. Hu C., and Qi Y., 2013. 'Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yields and nutrition of wheat in China', *European Journal of Agronomy*. Elsevier B.V., (46): 63–67. doi: 10.1016/j.eja.2012.12.003.
 19. Hussain, T., Javaid, T., Parr, J. F., Jilani, G., Haq, MA., (1999). Rice and wheat production in Pakistan with effective microorganisms. *American Journal of Alternative Agriculture*, 14: 30 - 36.
 20. INS. (2015). Rapport du recensement Général de la Population et de l'Habitat 2014 (RGPH 2014). www.ins.ci. [Consulté le 07/2/2019]
 21. Kabulu D.J., Bamba I., Munyemba K.F., Defourny P., Vancutsem C., Nyembwe N.S., Ngongo L.M. et Bogaert J. (2008). Analyse de la structure spatiale des forêts au Katanga. *Annale des Faculties des Sciences Agronomiques*, 1(2) : 12-18.
 22. Kasongo L.M.E., Mwamba M.T., Tshipoya M.P., Mukalay M.J., Useni S.Y., Mazinga K.M. et Nyembo K.L. (2013). Réponse de la culture de soja (*Glycine max* L. Merri) à l'apport des biomasses de *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray comme fumure organique sur un ferralsol à Lubumbashi, R.D. Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 63 : 4727-4735.
 23. Kokutse A. (2002). Analyse de la qualité du bois de teck (*Tectona grandis* L.f) en plantation au Togo : formation du bois de cœur, propriétés mécaniques et durabilité. Thèse de Doctorat de l'Université Bordeaux I (France).
 24. Lamhamedi M.S. et Fortin J.A. (1994). La qualité des plants forestiers : critères d'évaluation et performance dans les sites de reboisement. In : Abourouh M. (éd.). Actes de la première journée nationale sur les plants forestiers. Rabat, Maroc, Centre de recherche et d'expérimentations forestières, p. 35-55.
 25. Lamhamedi M.S., Fortin J.A., Ammari Y., Ben Jelloun S., Poirier M., Fecteau B., Bougacha A. & Godin L. (1997). Évaluation des composts, des substrats et de la qualité des plants élevés en conteneurs. Tunis, Tunisie, Direction générale des forêts et Pampev International, Projet Bird n° 3601, 121p
 26. Letreuch-Belarouci N., (1981). Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Thèse de doctorat. Gembloux, Université de Gembloux, 600 p
 27. M'Sadak Y., Ben M'Barek A. & Tayachi L. (2012a). Possibilités d'incorporation du méthacompost avicole dans la confection des

- substrats de culture à base de compost sylvicole en pépinière forestière. *Revue Nature & Technologie*, n° 6, pp. 59-70.
28. M'Sadak Y., Elouaer M. A., El Kamel R. (2012). Evaluation des substrats et des plants produits en pépinière forestière. *Bois et Forêts des Tropiques*, 313(3) : 61-71.
 29. Mustin M., 1987. *Le Compost, Gestion de la Matière Organique*, F. Dubusceds, Paris, 954 p.
 30. Stewart DPC, Cameron KC, Cornforth LS, Sedcole JR. (1997c). Effects of spent mushroom substrate on soil physical conditions and plant growth in an intensive horticultural system : a comparison with inorganic fertilizer. *Australian Journal of Soil Research* 36(6) :899–912.
 31. Stoffella P.J., Kahn B.A., 2001. *Compost utilization in horticultural cropping systems*. New York, Etats-Unis, Lewis Publishers, 413 p
 32. Zro B. G. F., Guéi A. M., Nangah K. Y., Soro D & Bakayoko S. (2016). Statistical approach to the analysis of the variability and fertility of vegetable soils of Daloa (Côte d'Ivoire) . *African Journal of Soil Science*, 4 (4),: 328-338.