



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE
UFR AGROFORESTERIE

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

ANNEE : 2023-2024

N° D'ORDRE : 121

CANDIDAT

Nom : KOUAME

Prénom : Adou Pangny
Raymond

Soutenue publiquement

Le : 22 Février 2025

THÈSE DE DOCTORAT

Mention : Agriculture et Foresterie Tropicale

Spécialité : Forestière/ Production Végétale

**Amélioration des techniques de production de plants
de trois essences forestières à l'aide de composts à base
des sciures de bois, en Côte D'Ivoire**

JURY

Président : M. BAKAYOKO, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Directeur : M. GROGA Noël, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Rapporteur : M. KOUAME Konan, Maître de Conférences,
Université Péléforo Gon COULIBALY

Examineur : M. KOUADIO Kouassi, Professeur Titulaire,
Université Felix Houphouët BOIGNY

Examineur : M. KOUAME Djaha, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

DÉDICACES

Je dédie ce mémoire :

-à mon père, MARCELIN Niamien Kouame

-à ma mère, KOUADIO Amoin Odette

Vos prières, vos soutiens et bénédictions font ma force. Merci pour tous les sacrifices que vous ne cessiez de faire depuis ma naissance.

AVANT PROPOS

L'amélioration des techniques de production des plants constitue un enjeu majeur pour la durabilité des écosystèmes et la lutte contre la déforestation en Côte d'Ivoire. Dans cette optique, notre projet se concentre sur l'utilisation de composts à base de sciures de bois pour optimiser la croissance de trois essences forestières clés. L'utilisation des composts issus des sciures de bois s'avère être une approche innovante pour optimiser la croissance et la qualité des plants. En intégrant ces composts dans les pratiques de culture, nous visons non seulement à améliorer le taux de reprise et la vigueur des plants, mais également à promouvoir une gestion durable des ressources forestières. Cette initiative s'inscrit dans le cadre des programmes de reboisement, soutenus par des institutions telles que la Société de Développement des Forêts (SODEFOR) et l'Université Jean Lorougnon Guédé de la Côte d'Ivoire.

La Société de Développement des Forêts (SODEFOR), en tant qu'institution phare dans la gestion forestière en Côte d'Ivoire, joue un rôle crucial dans la mise en œuvre des programmes de reboisement. Grâce à son expertise, la SODEFOR est en mesure d'évaluer l'impact des nouvelles techniques de production sur la qualité des plants et leur adaptation aux conditions locales. Parallèlement, l'Université Jean Lorougnon Guédé apporte une dimension scientifique à ce projet. Ses chercheurs sont engagés dans l'étude des interactions entre les composts et les essences forestières, permettant ainsi de dégager des recommandations basées sur des données probantes. Cette collaboration entre la recherche académique et la gestion pratique des forêts est essentielle pour garantir que les stratégies de reboisement soient à la fois efficaces et durables. En combinant les expertises de la SODEFOR et de l'Université Jean Lorougnon Guédé, nous visons à développer des techniques de production de plants qui répondent aux défis environnementaux actuels. L'intégration de composts à base de sciures de bois dans les programmes de reboisement représente une opportunité prometteuse pour améliorer la productivité des plants tout en favorisant la durabilité des écosystèmes forestiers en Côte d'Ivoire.

REMERCIEMENTS

Les travaux et la rédaction d'une thèse n'étant pas faciles, je voudrais, au terme de cet exercice, exprimer toute ma gratitude aux personnes qui y ont contribué.

J'exprime ma profonde gratitude à Madame ADOHI KROU Viviane, Professeur Titulaire, Présidente de l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ (UJLoG) à Daloa, Côte d'Ivoire, pour son amour pour la recherche et son dévouement au travail bien fait. Qu'elle trouve ici l'expression de ma reconnaissance la plus sincère.

Je remercie, également, messieurs les Vice-présidents de l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ (UJLoG) à Daloa ; en l'occurrence Monsieur SORO Dogniméton, Professeur Titulaire, Vice-président chargé de la pédagogie, de la recherche, de la vie universitaire et de l'innovation technologique de l'UJLoG, pour sa bienveillance sur la formation et la recherche à l'UJLoG.

Je remercie monsieur KONE Issiaka, Professeur Titulaire, chargé de la planification, de la programmation et des relations extérieures, pour son implication dans la visibilité externe de l'institution

Je remercie le Professeur TIDOU Abiba Sanogo épouse Koné, Professeur Titulaire en Toxicologie et Ex-présidente de l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ, pour avoir accepté mon inscription et ma formation au sein de cette institution.

Je remercie monsieur KONE Tidiani, Professeur Titulaire, Ex-Vice-président, de l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ à Daloa, chargé de la Pédagogie, de la vie universitaire, de la recherche et de l'innovation technologique, pour les efforts consentis dans la formation dans cette Université, et qui a, toujours, été disponible pour répondre à mes préoccupations au plan académique.

Je remercie Monsieur AKAFFOU Doffou Sélastique, Professeur Titulaire, Ex-Vice-Président de l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ à Daloa, chargé de la Planification, de la Programmation et des Relations Extérieures, pour ses encouragements, ses conseils et pour son implication au bien-être des étudiants.

Merci, également, au Docteur TONESSIA Dolou Charlotte, Maître de Conférences, Ex-Directrice de l'UFR Agroforesterie, pour sa disponibilité et ses sages conseils dont j'ai bénéficié durant toutes ces années académiques.

Je remercie Monsieur AYOLIE Koutoua, Professeur Titulaire, Directeur du Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole (LAPA), pour m'avoir accepté et intégré au sein de son équipe de recherche.

Je voudrais, particulièrement, témoigner ma reconnaissance au Docteur GROGA Noël, Maître de Conférences, en Biologie et écologie fonctionnelle, pour avoir accepté d'assurer la direction scientifique de ce travail. Ses conseils, encouragements, critiques et orientations, nous ont vraiment aidés à surmonter les difficultés pour arriver à cette étape de ce travail.

Je tiens, particulièrement, à exprimer ma gratitude à, Monsieur BAKAYOKO Sidiky, Professeur Titulaire à l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ à Daloa, pour avoir accepté de présider le jury de cette soutenance

Je remercie les membres du jury : Monsieur KOUADIO Kouassi, Professeur Titulaire à l'Université Felix HOUPHOUET BOIGNY à Abidjan, Monsieur KOUAMÉ Konan, Maître de conférences à l'Université Péléforo GON COULIBALY à Korhogo et Monsieur KOUAME Djaha, Maître de conférences à l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ à Daloa, pour avoir accepté d'évaluer la qualité de ce travail. Chers professeurs, recevez à travers ces lignes, mes salutations les plus émouvantes pour l'attention que vous avez porté à cette thèse.

Je remercie vivement Docteur ABOBI Akré Hebert, Maître de Conférences, en Agropédologie, pour son implication et ses critiques constructives. Son avis critique et sa disponibilité nous ont été très bénéfiques. Il nous a fait bénéficier de son expérience, de sa compétence, de ses encouragements, de sa rigueur et de son amour pour le travail bien fait.

J'exprime, également, mes remerciements au Docteur SOUMAHIN Eric, Maître de Conférences, en Agrophysiologie, responsable de parcours Bioressource, pour tous ses précieux conseils, depuis notre inscription en Bioressources.

A l'ensemble des Enseignants Chercheurs de l'Université Jean Lorougnon Guédé et au personnel administratif, j'exprime mes chaleureux remerciements, pour leurs conseils et la formation de qualité qu'ils nous ont apporté, depuis nos premières années universitaires.

Je fais une mention spéciale à mes amis étudiants, N'GORAN Koffi Désiré, GMAMOU Bosson Romain, BAMBA Lassina, KOUAME Adamou Francis, SOUMET Kacou et KOUADIO Franck Olivier, en souvenir des bons moments passés ensemble. Partager ces instants de ma vie avec vous m'a énormément enrichi.

Je réitère ma profonde gratitude à mon père MARCELIN Niamien Kouame et à ma mère adoptive KOFFI Kra Christine qui ont su que « mon salut passe par l'instruction » et qui m'ont transmis les valeurs essentielles de la vie.

Je remercie très chaleureusement ma sœur KOUAME Adoubla Florence, mes frères KOUAME Bile Désire et KOUAME Brou Amoikon Arsène, pour leur affection, leur foi en ce travail et leurs encouragements qui m'ont été précieux au cours de ces années d'études.

Je remercie, aussi, vivement ma bien aimée TAPÉ Leaticia Carmelle et notre fille KOUAME Jeolla Amoin Prunelle, pour le soutien indéfectible et la joie qu'elles m'apportent.

Je suis énormément reconnaissant à mon oncle N'DIAGNE Joseph. L'aboutissement de ce travail est le couronnement de tout ce que vous avez fait pour moi.

A toutes les personnes dont les noms n'ont pu être mentionnés, qu'elles trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACES	i
AVANT PROPOS	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
TABLE DES MATIÈRES	vi
LISTE DES SIGLES, ABRÉVIATIONS ET AGRONYMES.....	xi
LISTE DES TABLEAUX	xiii
LISTE DES FIGURES	xv
LISTE DES ANNEXES	xviii
INTRODUCTION	1
PREMIÈRE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
Chapitre 1 : Notion de pépinière	5
1.1. Notion de pépinière.....	5
1.2. Choix du site de la pépinière et aménagement	5
1.3. Installation de l'ombrière.....	6
1.4 Gestion des opérations forestière	6
1.4.1 Opération d'empotage et d'ensemencement.....	6
Chapitre 2 : Compostage et substrats de croissance	10
2.1. Compostage	10
2.1.1. Notion de compost.....	10
2.1.2 Importance de la pratique du compostage	10
2.1.3. Différents types de compostage.....	11
2.1.4. Différentes méthodes de compostage	12
2.1.5. Procédure de fabrication du compost	12
2.1.6. Caractéristiques et propriétés des composts	14
2.2. Substrats de croissance des cultures	14
2.2.1. Notion de substrat de croissance	14

2.2.2. Substrat de croissance, un requis pour la modernisation des pépinières d'essences forestières	15
2.2.3. Normes de qualité pour les substrats de croissance.....	15
Chapitres 3. Essences agroforestières	17
3.1. Cas de <i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels (Combretaceae)	17
3.1.1. Répartition géographique	17
3.1.2. Description botanique.....	17
3.1.3. Propriétés	18
3.1.4. Classification taxonomique	18
3.1.5. Écologie	19
3.1.6. Croissance et développement	19
3.1.7. Multiplication	20
3.1.8. Maladies et ravageurs	21
3.1.9. Usages.....	21
3.2. Cas de <i>Terminalia ivorensis</i> A. chev (Combretaceae)	21
3.2.1. Origine et répartition géographique.....	21
3.2.2. Description botanique.....	22
3.2.3. Propriétés	22
3.2.4. Classification taxonomique	23
3.2.5. Écologie	23
3.2.6. Croissance et développement	23
3.2.7. Multiplication et plantation	24
3.2.8. Maladies et ravageurs	25
3.2.9. Usages.....	25
3.3. Cas de <i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm (Verbenaceae).....	26
3.3.1. Origine et distribution.....	26
3.3.2. Classification taxonomique	27

3.3.3. Description botanique.....	27
3.3.4. Écologie	28
3.3.5. Croissance et développement	28
3.3.6. Usages.....	29
3.3.7. Sylviculture.....	30
3.3.8. Maladies et ravageurs	30
Chapitre 4 : Présentation de la zone d'étude	32
4.1. Situation administrative et géographiques.....	32
4.2. Facteurs abiotiques du département de Daloa	32
4.2.1. Climat	32
4.2.2 Hydrographie	33
4.2.3. Sols	33
4.3. Potentialités agronomiques et environnement social.....	34
4.3.1. Potentialités agronomiques de la région.....	34
4.3.2. Population et activités humaines	34
DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	35
Chapitre 5 : Matériel	36
5.1 Matériel végétal	36
5.2. Matériel fertilisant	37
5.3. Matériel technique	39
5.4. Matériel informatique	40
Chapitre 6 : Méthodes d'étude	41
6.1 Compostages des sciures de bois.....	41
6.1.1. Collecte et conditionnement des déchets agricoles et forestiers.....	41
6.1.2. Composantes des substrats de croissance.....	41
6.1.3. Mise en place des intrants pour le compostage	42
6.1.4. Détermination de la valeur fertilisante des composts.....	44

6.2. Essai de culture en pépinière de <i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels , <i>Terminalia ivorensis</i> A Chev., et <i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm avec les composts constitués	48
6.2.1. Mise en place d'une pépinière	48
6.2.2. Paramètres mesurés en pépinière.....	53
6.3. Etude de la capacité de régénération racinaire et de la reprise après transplantation	56
6.3.1. Essai de régénération racinaire en milieu semi-contrôlé	56
6.3.2. Essai en plein champs.....	58
6.4. Traitements et analyses statistiques des données	59
TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION	63
Chapitre 7 : Caractérisation des différents paramètres des composts produits.....	64
7.1. Evolution des paramètres bioclimatiques durant le compostage des substrats.....	64
7.2. Maturité des composts	67
7.3. Caractéristiques physiques et chimiques des substrats de croissance.....	68
7.3.1. Caractéristiques physiques des substrats de croissance.....	68
7.3.2. Caractéristiques chimiques des substrats de croissance	71
7.3.3. Variables de discrimination des quatre types de composts	73
Chapitre 8 : Effet des composts sur les paramètres de germination des graines et de croissance des plants des essences forestières étudiées.....	75
8.1. Effet des composts sur les paramètres de la germination des graines	75
8.2. Effet des substrats sur les paramètres de croissance des plants.....	79
8.3. Effet de l'interaction espèces-substrats sur les paramètres agro-morphologiques	105
8.4. Relation entre les paramètres de croissance des plantes cibles et les paramètres chimiques des substrats	106
Chapitre 9 : Capacité de régénération racinaire et reprise des plants après transplantation	109
9.1. Capacité de régénération racinaire	109

9.1.1. Cas de <i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels.....	109
9.1.2. Cas de <i>Terminalia ivorensis</i> A chev.....	110
9.1.3. Cas de <i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm.....	111
9.2. Taux de reprise des plants des cinq substrats après six mois de transplantation....	113
9.2.1 Cas de <i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels.....	113
9.2.2 Cas de <i>Terminalia ivorensis</i> A chev.....	113
9.2.3 Cas de <i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm.	114
9.3. Évolution des paramètres de croissance des plants cibles en plein champ	115
9.3.1 Cas de <i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels.....	115
9.3.2. Cas de <i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm.....	116
9.3.3 Cas de <i>Terminalia ivorensis</i> A chev.....	117
Chapitre 10 : Discussion.....	118
10.1. Caractérisation des différents paramètres des composts produits	118
10.2. Effet des composts sur la croissance des semis de <i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev, <i>Terminalia superba</i> et de <i>Gmelina arborea</i> en pépinière.....	122
10.3. Effet des composts sur la capacité de régénération racinaire et la reprise après transplantation.....	127
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	128
RÉFÉRENCES	133
ANNEXES.....	xvii

LISTE DES SIGLES, ABRÉVIATIONS ET AVRONYMES

ANOVA	: Analyse de Variance
ACP	: Analyse en Composantes Principales
ATIBT	: Association Technique Internationale des bois Tropicaux
CIRAD	: Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement
COMCAM	: Commerce Cameroun
Cot	: Carbone total
CRO	: Centre de Recherche Océanologique
CTFT	: Centre Technique Forestier Tropical
Dm	: Diamètre
DPN	: Direction de la Protection de la Nature
ETM	: Eléments Traces Métalliques
FAO	: Organisation Des Nations Unies Pour l’Alimentation Et l’Agriculture
H	: Hauteur
INS	: Institut National de la Statistique
ISTA	: Institut Supérieur pour les Techniques de l’Aviation et du Tourisme
LAPA	: Amélioration de la Production Agricole
MFA	: Masse fraîche aérienne
MFR	: Masse fraîche racinaire
MINAGRI	: Ministère de l’Agriculture et du Développement Rural
MO	: Matière Organique
MSA	: Masse sèche aérienne
MSR	: Masse sèche racinaire
NF	: Nombre de feuilles
OIPR	: Office Ivoirien des Parcs et Réserves
ONG	: Organisation Non Gouvernementale
PVC	: Polychlorure de Vinyle
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l’Habitat
S	: Surface du récipient
S0	: Substrat Témoin (Terreaux)
SA	: Substrat A
SAS	: Semaine Après Semis
SB	: Substrat B
SC	: Substrat C

SD	: Substrat D
SF	: Surface Foliaire
SFT	: Surface foliaire totale
SODEFOR	: Société de Développement des Forêts
UJLoG	: Université Jean Lorougnon GUÉDÉ
UFR	: Unité de Formation et de Recherche

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Caractéristiques physico-chimiques des substrats de croissance, selon les valeurs standards (WRAP, (2011)).....	16
Tableau II : Eléments constitutifs des substrats	42
Tableau III : Rendement des composts.....	68
Tableau IV : Densité et masse des différents substrats	71
Tableau V : Teneurs des composts en éléments organiques et phosphore.....	72
Tableau VI : Teneurs des composts en éléments du complexe absorbant	72
Tableau VII : Teneurs des composts en éléments de traces métalliques	73
Tableau VIII : Délai et durée de germination après semis en fonction des substrats	75
Tableau IX : Délai et durée de germination après semis en fonction des substrats	76
Tableau X : Délai et durée de germination après semis en fonction des substrats.....	78
Tableau XI : Comparaison des hauteurs moyennes des plants de <i>Terminalia superba</i> en fonction des substrats	81
Tableau XII : Comparaison des diamètres moyens au collet des plants de <i>Terminalia superba</i> en fonction des substrats.....	82
Tableau XIII : Comparaison des effectifs moyennes de feuilles des plants de <i>Terminalia superba</i> en fonction des substrats.....	83
Tableau XIV : Comparaison des surfaces foliaires moyennes des troisièmes feuilles des plants de <i>Terminalia superba</i> en fonction des substrats.....	85
Tableau XV : Comparaison des hauteurs moyennes des plants de <i>Gmelina arborea</i> en fonction des substrats	89
Tableau XVI : Diamètres moyennes des plants de <i>Gmelina arborea</i>	91
Tableau XVII : Comparaison du nombre de feuilles des plants de <i>Gmelina arborea</i> en fonction des substrats	92
Tableau XVIII : Surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de <i>Gmelina arborea</i>	94
Tableau XIX : Comparaison des moyennes des hauteurs en fonction des substrats	98
Tableau XX : Comparaison des moyennes des diamètres en fonction des substrats	100
Tableau XXI : Comparaison des effectifs moyennes de feuilles des plants de <i>Terminalia ivorensis</i> en fonction des substrats	101
Tableau XXII : Comparaison des moyennes des surfaces foliaires en fonction des substrats	103
Tableau XXIII : Analyse comparée des effets des substrats sur les trois espèces cibles	106

Tableau XXIV : Coefficients de corrélation entre les paramètres de croissance du <i>Terminalia ivorensis</i> et les paramètres chimiques des substrats	107
Tableau XXV: Coefficients de corrélation entre les paramètres de croissance du <i>Terminalia superba</i> et les paramètres chimiques des substrats.....	107
Tableau XXVI: Coefficients de corrélation entre les paramètres de croissance du <i>Gmelina arborea</i> et les paramètres chimiques des substrats.....	108
Tableau XXVII : Capacité de régénération racinaire des plants de <i>Terminalia superba</i> en fonction des substrats	109
Tableau XXVIII: Capacité de régénération racinaire des plants de <i>Terminalia ivorensis</i> en fonction des substrats	111
Tableau XXIX: Capacité de régénération racinaire des plants de <i>Gmelina arborea</i> en fonction des substrats	112
Tableau XXX : Comparaison des moyennes de hauteur et de diamètre des plants de <i>Terminalia superba</i> en plein champ des substrats en fonction du temps	116
Tableau XXXI : Comparaison des moyennes de hauteur et de diamètre des plants de <i>Gmelina arborea</i> en plein champ des substrats en fonction du temps	116
Tableau XXXII: Comparaison des moyennes de hauteur et de diamètre des plants de <i>Terminalia ivorensis</i> en plein champ des substrats en fonction du temps.....	117

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Pieds adultes de <i>Terminalia superba</i>	18
Figure 2: Pieds adultes de <i>Terminalia ivorensis</i>	22
Figure 3 : Carte de distribution de <i>Gmelina arborea</i> en Afrique	26
Figure 4 : Différentes parties de <i>Gmelina arborea</i>	28
Figure 5: localisation du département de Daloa dans la région du Haut Sassandra en Côte d'Ivoire.....	32
Figure 6: Diagramme ombrothermique de la région du Haut-Sassandra de 1989 à 2019..	33
Figure 7 : Aperçu des semences de <i>Terminalia ivorensis</i> (A), de <i>Gmelina arborea</i> (B), et <i>Terminalia superba</i> (C)	37
Figure 8: Aperçu du broyat de <i>Pterygota bequaertii</i> et <i>Terminalia ivorensis</i>	38
Figure 9: Aperçu de quelques matériels techniques	39
Figure 10 : composition des intrants d'un composts	42
Figure 11 : Aperçu d'une séance de préparation de composts	43
Figure 12: Aperçu d'une séance de mesure de la température, de l'humidité et du pH.....	44
Figure 13: Séchage des quatre composts.....	45
Figure 14: Aperçu d'un test de porosité	47
Figure 15 : Aperçu d'une séance de remplissage des sachets en polyéthylènes et de la constitution des lots	49
Figure 16 : Configuration du dispositif expérimental	50
Figure 17 : Graines de <i>Terminalia superba</i> sans aile (A) et avec aile (B)	51
Figure 18 : Graines de <i>Terminalia ivorensis</i> sans aile (A) et avec aile (B).....	51
Figure 19: Graines de <i>Terminalia superba</i> et <i>Terminalia ivorensis</i> trempées dans de l'eau	51
Figure 20: Aperçu des graines de <i>Gmelina arborea</i> avec pulpe (A) et sans pulpe (B).....	52
Figure 21: Processus de semis	52
Figure 22 : Mesure du diamètre au collet de la plante.....	55
Figure 23: Configuration du dispositif expérimental d'essais de régénération racinaire en milieu semi-contrôlé	57
Figure 24 : Configuration du dispositif expérimental en plein champ	59
Figure 25 : Évolution de la température au cours du compostage.....	65
Figure 26 : Courbe d'évolution de l'humidité au cours du compostage.....	66
Figure 27 : Courbe d'évolution du pH au cours du compostage	67
Figure 28 : Taux de germination des semences de <i>Solanum lycopersicum</i>	68

Figure 29 : Types d'agrégats des différents composts.	69
Figure 30 : Histogramme des porosités des substrats de croissance	70
Figure 31 : Analyse en composantes principales réalisée sur les composantes chimiques des composts : (A) cercles de corrélation des variables et (B) plan factoriel	74
Figure 32 : Taux de levé des graines de <i>Terminalia superba</i>	76
Figure 33: Taux de levée en fonction des différents substrats.....	77
Figure 34: Taux de levée	78
Figure 35 : Cinétique des levées	79
Figure 36: Courbes d'évolution des hauteurs des plants de <i>T. superba</i> en fonction du temps (A) ; Courbes d'évolution des accroissements moyens quotidiens des plants par substrat en fonction du temps (B).....	80
Figure 37: Courbes d'évolution des diamètres au collet des plants de <i>Terminalia superba</i> en fonction du temps	82
Figure 38: Courbes d'évolution du nombre de feuilles des plants de <i>Terminalia superba</i> en fonction du temps	83
Figure 39: Courbe d'évolution de la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de <i>Terminalia Superba</i> en fonction du temps	85
Figure 40: Courbes des ratios de robustesse des plants de <i>Terminalia superba</i> en fonction du temps.....	86
Figure 41: Histogrammes des rapports biomasse tige /racine en fonction des substrats....	87
Figure 42: Courbes d'évolution des hauteurs des plants de <i>Gmelina arborea</i> (A) en fonction du temps ; Courbes d'évolution des accroissements moyens quotidiens des plants par substrat (B) en fonction du temps.....	88
Figure 43: Courbes d'évolution des croissances en épaisseur des tiges de <i>Gmelina arborea</i> en fonction du temps	90
Figure 44: Courbes d'évolution du nombre de feuilles des plants de <i>Gmelina arborea</i> en fonction du temps	92
Figure 45: Évolution de la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de <i>Gmelina arborea</i>	94
Figure 46: Courbe des ratios de robustesse des plants de <i>Gmelina arborea</i> en fonction du temps.....	95
Figure 47: Histogrammes des rapport biomasse tiges / racines en fonction des substrats .	96

Figure 48: Courbes d'évolution des hauteurs des plants de <i>Terminalia ivorensis</i> (A) en fonction du temps ; Courbes d'évolution des accroissements moyens quotidiens des plants par substrat (B) en fonction du temps.....	98
Figure 49: Courbes d'évolution des diamètres au collet des jeunes plants de <i>Terminalia ivorensis</i> sur les différents substrats en fonction du temps	99
Figure 50: Courbes d'évolution du nombre de feuilles des plants de <i>Terminalia ivorensis</i> sur les différents substrats	101
Figure 51: Courbes d'évolution de la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de <i>Terminalia ivorensis</i> en fonction du temps	103
Figure 52: Courbes des ratios de robustesse des plants de <i>Terminalia ivorensis</i> sur les différents substrats en fonction du temps	104
Figure 53: Rapport biomasse tige / biomasse racine	105
Figure 54: Émission de racines chez les plants de <i>Terminalia superba</i> sur les cinq substrats après repiquage	110
Figure 55: Émission de racines chez les plants de <i>Terminalia ivorensis</i> sur les cinq substrats après repiquage	111
Figure 56: Émission de racines chez les plants de <i>Gmelina arborea</i> sur les cinq substrats après repiquage	112
Figure 57: Taux de reprise des plants de <i>Terminalia superba</i> dans les cinq substrats après six mois de transplantation	113
Figure 58: Taux de reprise des plants de <i>Terminalia ivorensis</i> dans les cinq substrats après six mois de transplantation	114
Figure 59: Taux de reprise des plants de <i>Gmelina arborea</i> des cinq substrats après six mois de transplantation.....	115

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Processus de compostage	xviii
Annexe 2 : Biotest de germination.....	xix
Annexe 3 : Mise en place de la pépinière	xx
Annexe 4 : Aspect de la pépinière 21 jours après semis (A) et 4 mois après semis (B)....	xxi
Annexe 5 : Fiche de germination	xxii
Annexe 6 : Fiche d'évaluation des plantules.....	xxiii
Annexe 7 : Quelques étapes de la mise en de la parcelle expérimentale	xxiv

INTRODUCTION

Les forêts constituent les principaux réservoirs de diversités génétiques végétale et animale (Masako & Asimonyio, 2017). Elles fournissent, également, de nombreuses ressources matérielles, énergétiques, alimentaires et médicales, et pourvoient directement au tiers de l'humanité des biens locaux indispensables. Toutefois, ces formations naturelles sont fortement dégradées (Adjossou, 2009). Le continent Africain a enregistré des pertes significatives de forêts, s'élevant à environ 3,4 millions d'hectares par an, entre 2000 et 2010 (FAO, 2010). Les principales causes de ces pertes forestières sont dues à l'agriculture, à l'expansion des pâturages à la surexploitation des bois de chauffage et du charbon de bois et à l'exploitation forestières. Cette situation conduit, non seulement, à la fragmentation des formations naturelles, mais, aussi, à la rareté et à l'extinction d'espèces précieuses. Cela a, donc, conduit à un déclin de la continuité écologique des grands biomes de la zone forestière (Adjossou, 2009).

En Côte d'Ivoire, l'estimation la plus optimiste, aujourd'hui, est qu'il existe 2,5 millions d'hectares d'îlots forestiers dispersés, gravement dégradés par l'extension agriculture et épuisés par la déforestation minière (FAO, 2010). Ainsi, pour satisfaire les besoins croissants de la population ivoirienne en produit forestier ligneux, tout en préservant le couvert forestier, le gouvernement a initié des programmes de réhabilitation des forêts classées et la mise en place des plantations artificielles. Par ailleurs, en Côte d'Ivoire, le boisement et le reboisement, sont confrontés à une variété de facteurs environnementaux limitants. La faible fertilité des sols et l'évapotranspiration élevée ont, souvent, un impact significatif sur le succès des plantations (Mustapha, 2015). Les sols de Côte d'Ivoire, quant à eux, sont dégradés, pauvres en matière organique et en éléments minéraux, et constituent un autre défi pour les reboiseurs. Leur pauvreté en éléments minéraux leur confère un potentiel de production limitée (Koffie & Kra, 2013). Outre les conditions environnementales difficiles des milieux de culture, les échecs répétés en matière de reboisement sont attribuables à l'insuffisance du système racinaire et à la qualité morpho-physiologique médiocre des plants employés (Lamhamedi *et al.*, 2000a). Ces problèmes trouvent leur origine dans l'utilisation de substrats de culture, principalement minéraux, prélevés directement dans la nature (Miller & Jones, 1995). Ces substrats, à la fois denses et contaminés, entravent le bon développement des racines et constituent souvent un vecteur de maladies telluriques, telles que la fonte des semis. De plus, les graines viables, indésirables, transportées par ces substrats, germent et envahissent les cultures.

Dans ce contexte, la formulation de substrats pour, une meilleure croissance des plants, demeure une alternative pour la bonne production de plants des espèces forestières. En l'absence de substrats standards, le substrat utilisé en pépinière est constitué de terreaux disponibles localement. Ces substrats sont certes économiques, mais, ne permettaient pas de

produire des plants de qualité, en raison de leurs propriétés physiques et chimiques peu convenables (Fellah, 1979 ; Letreuch- Belarouci, 1981).

On constate également un déficit significatif de terreaux forestiers de qualité pour l'établissement des pépinières forestières, en raison des pressions exercées par les activités humaines. Plusieurs chercheurs se sont intéressés au recyclage des déchets urbains liquides et solides (Ben, 2008 ; Tahraoui, 2013), de la biomasse végétale (Ammari *et al.*, 2003) et animale (M'Sadak *et al.*, 2012) à des fins agronomiques. Le compostage des déchets forestiers et agricoles a produit d'excellents résultats en matière de production agricole au sein des fermes horticoles (Fitzpatrick, 2001).

Néanmoins, l'utilisation de compost demeure limitée, en particulier dans les pépinières forestières en Côte d'Ivoire. Le terreau continue d'être le substrat le plus couramment employé pour la production de plants, notamment ceux non standardisés. Ce substrat présente des caractéristiques physico-chimiques médiocres, peu propices à la croissance végétale, et favorise la prolifération des agents pathogènes, entraînant des conséquences néfastes sur les plants dès leur mise en culture (Alsanius *et al.*, 2004).

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'agro-valorisation de la biomasse végétale de deux essences forestières, couramment exploitées, à savoir *Pterygota bequaertii* De wild., 1919 (Malvaceae) et *Terminalia ivorensis* A Chev., 1909 (Combretaceae) en vue de l'amélioration de la production des essences forestières. La valorisation des résidus agricoles et sylvicoles représente des options qui pourraient être développées pour des raisons agricoles et environnementales.

Dès lors, il apparaît opportun de mener des études visant à proposer aux sociétés engagées dans la sylviculture, comme la SODEFOR, en Côte d'Ivoire, et aux particuliers producteurs des plants forestiers, des substrats adéquats à utiliser, pour obtenir des productions optimales et moins coûteux.

Plusieurs espèces forestières locales ont été identifiées comme présentant un fort potentiel de développement économique (Tiébré *et al.*, 2016 ; Adjé *et al.*, 2020). Nous avons choisi de nous concentrer sur les espèces des forêts semi-décidues pour deux raisons principales : premièrement, ces forêts abritent de nombreuses espèces végétales à croissance rapide et à forte valeur socio-économique ; deuxièmement, les espèces végétales des forêts semi-décidues sont largement utilisées dans de nombreux programmes de réhabilitation forestière et d'établissement de plantations d'exploitation, ce qui assure une disponibilité de biomasse végétale. Parmi les espèces observées, trois ont été sélectionnées : *Terminalia superba* Engl. &

Diels, 1900 (Combretaceae), *Terminalia ivorensis* A. Chev., 1909 (Combretaceae), et *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm., 1810 (Verbenaceae).

Ainsi, la question centrale de cette thèse est de déterminer si la biomasse végétale provenant d'espèces forestières à croissance rapide peut être utilisée pour produire des composts dont les propriétés physico-chimiques seraient adaptées en tant que substrat de croissance dans les pépinières.

L'objectif général de cette étude est d'accroître la production des plants de trois essences forestières, *Terminalia superba* Engl. & Diels, 1900, *Terminalia ivorensis* A Chev., 1909 et *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm., 1810, en vue de leur intégration dans les programmes de reboisement en Côte d'Ivoire.

De façon spécifique, il s'agit de :

- déterminer les paramètres physico-chimiques des composts produits, en vue de proposer le ou les meilleurs substrat(s) pour les pépinières ;
- améliorer les performances germinatives des graines et de croissance des plants de trois espèces agroforestières (*Terminalia superba* Engl. & Diels, *Terminalia ivorensis* A Chev et *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.), à l'aide de substrats compostés ;
- évaluer la capacité de régénération racinaire et les taux de reprise des plants subséquemment, après une transplantation.

Pour atteindre ces objectifs, trois grandes hypothèses sont émises :

- les composts produits à partir de la biomasse végétale des essences agroforestières sont de bonne qualité fertilisante ;
- les divers substrats permettent une meilleure croissance des plants des espèces agroforestières en pépinière et une amélioration du développement des plants ;
- les plants produits présentent une bonne reprise végétative, notamment, l'enracinement et le taux de reprise, après translation ;

Outre l'introduction, le présent mémoire qui rend compte de ce travail comprend trois grandes parties : la première partie est consacrée aux généralités sur le thème étudié, la deuxième partie présente le matériel et la méthodologie de l'étude et enfin, la troisième partie expose les résultats

obtenus suivi de leur discussion. Une conclusion générale, assortie de recommandations et de perspectives, une liste de références et des annexes complètent le document.

PREMIÈRE PARTIE : REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Notion de pépinière

1.1. Notion de pépinière

La pépinière est un site particulier destiné à la production et à l'élevage des plants avant la mise en terre. L'objectif est d'obtenir des plants de qualité, c'est-à-dire lignifiés, capables de résister aux intempéries dès la plantation et aussi jeunes que possible. On en produit en pots et à racines nues

1.2. Choix du site de la pépinière et aménagement

L'emplacement de la pépinière doit tenir compte des aspects suivants :

- ❖ le relief et la topographie : Rechercher une surface aussi plane que possible, bien dégagée, ensoleillée en pente légère, et à faible régime de vents.
- ❖ le sol : Pour la production à racines nue, rechercher un sol perméable et fertile, léger et sableux.
- ❖ l'eau : Disposer d'une possibilité d'approvisionnement en eau qui peut être un puits, un forage, un cours d'eau, lac de façon permanente.
- ❖ l'accès : La pépinière doit être accessible en toute saison.

Pour ce qui concerne l'aménagement de la pépinière, il comporte plusieurs opérations :

- ❖ le nettoyage correct de la surface et des alentours ainsi que l'aplanissement de cette même surface est nécessaire (Albert *et al.*, 2006).
- ❖ la délimitation et la mise en place d'une clôture de protection contre les animaux (grillage ou haie-vive)
- ❖ la matérialisation de l'emplacement exact des planches pour les plants en pots et les plants à racines nues, et des allées de circulation (allées principales et allées secondaires) pour les différents travaux ;
- ❖ la construction d'un hangar pour abri durant l'exécution de certains travaux ;
- ❖ la confection de bassins de stockage d'eau pour éviter les ruptures ;
- ❖ la construction d'un magasin de stockage et de gestion du matériel de travail si nécessaire.

Par ailleurs, le site doit être proche des principales voies de circulation, telles que les routes et les voies ferrées, afin de faciliter le transport. Cela permettra de réduire les coûts logistiques et d'optimiser l'efficacité de l'entreprise. Il est, toujours, préférable de choisir un site qui permet de bénéficier des avantages locaux, tels que les incitations fiscales, les infrastructures publiques

et la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée. Ces facteurs peuvent contribuer à la rentabilité de l'entreprise (Nikiema *et al.*, 2006).

1.3. Installation de l'ombrière

La localisation des infrastructures, comme, les voies d'accès, les ombrières, la réserve d'eau, les électro-pompes et le système d'irrigation, doit être soigneusement planifiée. Des haies brise-vent devraient être plantées, pour protéger les infrastructures et créer un micro-climat favorable à la croissance des plants. Les brises-vent doivent être relativement éloignés pour ne pas ombrager les cultures (Nikiema *et al.*, 2006).

Le terrain, qui recevra les infrastructures des ombrières, doit être nivelé (pente entre 0 et 1%), pour faciliter le déroulement de la culture, les déplacements des équipements et de la main-d'œuvre, et la livraison des plants. La pente du terrain doit faciliter l'écoulement des eaux d'irrigation excédentaires et des pluies (Nikiema *et al.*, 2006).

1.4 Gestion des opérations forestière

1.4.1 Opération d'empotage et d'ensemencement

1.4.1.1 Nature des graines à utiliser

Dans le cadre d'une campagne de production, la date d'ensemencement et la qualité des graines, utilisées, sont des facteurs déterminant pour assurer la réussite de la pépinière. Les semences doivent être entreposées au sec et au frais durant toute la durée de la période de semis. Le pourcentage de germination de chacun des lots doit être connu dès leur réception. Un taux élevé de germination facilitera le travail du pépiniériste et diminuera, sans doute, le coût des opérations spécifiques au repiquage des plants. Ce test de germination doit avoir été effectué une année avant (Albert *et al.*, 2006). De plus, la pureté du lot de semences doit être maximale. Il faudra nettoyer un lot qui contiendrait trop d'impuretés (semences vides, ailes, écailles de cônes, etc.)

1.4.1.2 Test de germination

Ce test peut s'avérer nécessaire, si des lots de graines n'ont pas été testés par le fournisseur, ou, pour évaluer des lots résiduels de la campagne précédente.

a) État du lot de semences

Le contrôle de la pureté permet de déterminer la proportion d'impuretés (aiguilles, écailles de cônes, ailes, bractées, etc.) qu'un lot contient.

À partir d'un échantillon représentatif d'un lot, la méthode consiste à séparer à la main les semences des impuretés (examiner au moins 2 500 semences). On pèse chacun des composants,

et on évalue la proportion que représentent les impuretés. Parfois, il sera nécessaire de tamiser à nouveau les lots, à cause du manque de pureté (Anonyme 1, 2020).

b) Échantillons d'analyse

Pour constituer un échantillon représentatif de graines pour l'analyse, il faut prélever au hasard de petites quantités de graines à différents endroits dans le lot concerné.

Les échantillons primaires sont mélangés, pour former l'échantillon composite, dans lequel on prélève au hasard la quantité nécessaire de graines, pour former l'échantillon d'analyse.

c) Détermination de la masse des semences

La méthode pour déterminer leur nombre au kilogramme, consiste à peser 8 lots de 100 semences chacun.

d) Évaluation de la faculté germinative

L'évaluation de la faculté germinative ou pourcentage de germination permet au pépiniériste d'évaluer la quantité de semences qui devront être appliquées dans chacune des cavités, afin de s'approcher le plus possible d'un plant germé par cavité.

La méthode d'analyse de la faculté germinative exige, normalement, des conditions en laboratoire (normes de l'Association Internationale d'essais de Semences) (ISTA, 1993).

Toutefois, en pépinière, certains tests, moins rigoureux, pourront suffire aux besoins (test de sûreté). Le matériel nécessaire se compose des boîtes de germination (plats de Pétri) très propres, substrat de germination (papier absorbant, ouate, etc.) et eau déminéralisée additionnée de fongicide (faible concentration).

Chaque analyse nécessite, au moins, quatre sous-échantillons de 100 semences chacun, provenant de la fraction pure de l'évaluation de la pureté. La température doit être maintenue entre 20 et 28 °C, plus chaud le jour, et l'humidité relative maintenue à 99 % (Anonyme 2, 2018).

La durée du test de germination ne dépasse pas 30 jours, en général. Le dénombrement des semences germées se fait idéalement tous les jours sur des fiches, où se retrouve l'ensemble des informations concernant le test (identification du lot, date de germination, nombre de semences testées, nom de l'observateur, nombre de semences germées à chaque jour, etc.).

Il vaut mieux effectuer les tests justes avant les ensemencements. Le pourcentage de germination ne considère que la germination soit déterminée. Il s'évalue en calculant le nombre total de graines germées en fonction du nombre total de graines contenues de l'échantillon. Le pourcentage de germination est le nombre de semences germées multiplié par 100 et divisé par le nombre de semences semées. Grâce au pourcentage de germination obtenue, le pépiniériste

peut évaluer le nombre de semences à semer dans les cavités. Il existe des tables permettant de connaître ces quantités en fonction des résultats du test de germination (Anonyme 2, 2018)

1.4.1.3 Empotage des conteneurs

L'opération d'empotage débute par le tamisage des différents constituants du substrat, notamment, le compost, l'écorce broyée, etc. Selon la disponibilité des produits, certaines pépinières peuvent avoir différent type de mélange (Anonyme 1, 2020).

Si plusieurs constituants composent le substrat, ils doivent être mélangés assez longtemps, pour défaire les mottes et assurer l'uniformité du substrat final. Deux méthodes sont utilisées, pour mélanger le substrat, soit manuellement à l'aide de pelles, soit avec une bétonnière, permettant un mélange plus uniforme. Les constituants peuvent être, légèrement, humidifiés, pour limiter les problèmes de poussières. Avant de commencer l'empotage, une vérification de la porosité du mélange est effectuée, afin de s'assurer de son adéquation pour son utilisation, comme, substrat. Les proportions recommandées, pour la qualité physique d'un substrat, sont une macro-porosité, près de 20 %, une micro-porosité, près de 30 %, et une porosité totale d'environ 50 % (M'Sadak, 2012a). Le pépiniériste a intérêt à corriger le mélange, si les résultats du test de porosité sont différents. En général, le problème, le plus fréquent, est la macro-porosité, trop grande, souvent, due à un broyage trop grossier au départ. Dans ce cas, un nouveau broyage, suivi d'un tamisage, devrait corriger la situation. Ils pourront, aussi, régler le problème, en ajoutant au substrat un autre constituant aux particules plus fines (Anonyme 1, 2020).

Le travail de remplissage des conteneurs étant, généralement, fait manuellement, il est préférable de travailler au sol. Ce remplissage peut se faire à l'unité ou par groupe de conteneurs. Les deux méthodes sont utilisées. On peut résumer la succession des opérations d'empotage, comme, suit :

- remplir, d'abord, à moitié et, ensuite, secouer pour compaction ;
- remplir complètement le vide et appuyez légèrement avec les doigts, notamment, autour des coins du récipient.
- agiter une dernière fois et retirer l'excédent de substrat à la main.
- assurer un compactage suffisant et uniforme.
- l'empilement des conteneurs doit être décalé afin d'éviter une compaction excessive ;
- enfin, faire un test de chute du conteneur, à une hauteur de près de 40 cm, pour évaluer la compaction (si la compaction est adéquate, alors il y aura un léger affaissement de 1cm).

La compaction du substrat, lors du remplissage des conteneurs, 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. Les ouvriers doivent être informés de l'importance du degré de compaction qui est nécessaire dans les cavités. De plus, si la qualité du travail est bonne, le chef pépiniériste a intérêt à utiliser ces mêmes ouvriers tout au long de cette opération et même d'une année à l'autre. Le superviseur de cette opération vérifie, régulièrement la qualité de l'empotage à l'aide d'une fiche de contrôle (Anonyme 2, 2018). Certaines méthodes, tactiles et visuelles, sont suggérées, pour évaluer, rapidement, la qualité de l'empotage, notamment :

- la pression du doigt en surface de la cavité, ce qui permet de tester l'uniformité entre les cavités ;
- l'observation sous le conteneur, ce qui permet d'identifier un mauvais remplissage ;
- la chute au sol du conteneur (environ 80 cm du sol), l'affaissement permet de juger de la compaction ;
- l'estimation du poids du conteneur, ce qui permet d'identifier une sous ou une sur-compaction ;
- la fréquence minimale de vérification doit être de 30 minutes.

Les principaux points, à surveiller, lors de l'opération d'empotage, sont, donc : la méthode de mélange, l'uniformité du mélange, l'humidité du mélange, la granulométrie du mélange, la densité du substrat et le niveau de remplissage. Concernant ce dernier point, le pépiniériste a intérêt à ne remplir les cavités que jusqu'à 4 mm du bord, de cette façon les semences ne se déplaceront pas facilement d'une cavité à l'autre, ainsi que, les racines durant la croissance (Anonyme 2, 2018).

Chapitre 2 : Compostage et substrats de croissance

2.1. Compostage

2.1.1. Notion de compost

Il existe plusieurs définitions du compostage et il n'est pas aisé de trouver une définition universelle. Nous retenons, néanmoins, la définition générale de Mustin (1987) : « le compostage est un procédé biologique contrôlé de conversion et de valorisation des substrats organiques (sous-produits de la biomasse, déchets organiques d'origine biologique etc.) en un produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau, riche en composés humiques ».

Le compost est le résultat de la décomposition de matières organiques, contenant du carbone et de l'azote, à travers un processus naturel, dû à l'action de microorganismes, de l'air et de l'eau, ce qui permet de les utiliser, aisément, pour les cultures (Leclerc, 2001 ; Attrassi *et al.*, 2005 ; Tahirou *et al.*, 2012). Le compost est une matière organique stable et hygiénique, permettant l'amendement organique des sols agricoles. Utilisé pour améliorer la productivité du sol, l'incorporation de cet additif organique dans le sol améliore les propriétés physiques, chimiques, biologiques du sol et augmente les rendements des cultures (Séréme & Mey, 2007).

2.1.2 Importance de la pratique du compostage

De nos jours, le recyclage des matières organiques représente une solution durable et respectueuse de l'environnement. En favorisant la fertilité des sols, la biodiversité du sol et la santé publique, ces pratiques contribuent à concilier la production alimentaire et la préservation de l'environnement (Pieri, 1989 ; FAO, 2005). Cela a conduit à des recherches sur la valorisation des résidus agricoles, des déchets domestiques et des déchets industriels, par le compostage, pour compenser les carences en humus des sols surexploités et rétablir l'équilibre de la vie microbienne (Gobat *et al.*, 2003). Le compostage permet de réduire le volume des déchets, de produire de la matière organique stable en quantité (Larbi, 2006) et de contribuer à améliorer la qualité du matériel organique (Ouédraogo, 2004) pour que son application au sol ne soit pas dommageable (phytotoxicité, immobilisation de l'azote) aux cultures mais plutôt améliorer la fertilité du sol et la santé des plantes (Larbi, 2006). L'enfouissement direct au sol de matériel organique non décomposé ou de pauvre qualité induit des effets dépressifs sur les plantes (Feller & Ganry, 1982 ; Bazié, 1984 ; Soltner, 1986 ; Sédogo, 1993). Le compostage permet de dissiper ces effets et de rendre plus disponibles les éléments nutritifs contenus dans la matière organique décomposable. En améliorant de cette manière la qualité du matériel organique, son apport au champ permet d'améliorer la fertilité du sol et de provoquer une

augmentation de la production agricole, une meilleure biodiversité du sol quand on sait que la matière organique a un impact sur l'activité biologique du sol (Feller & Ganry, 1982).

Le compost offre une structure poreuse, qui améliore la porosité du sol. Les réserves des pluies et des arrosages améliorent la capacité de rétention en eau dans le sol. Pour une augmentation du taux d'humus de 0,2 %, la quantité d'eau disponible, pour le végétal, croîtra de 0,5 % et la porosité du sol de 1 % (Charnay, 2005). Des épandages successifs de composts augmentent la teneur de la matière organique du sol (Crecchio *et al.*, 2004 ; Garcia-Gil *et al.*, 2004 ; Montemurro *et al.*, 2006). Ils augmentent aussi la stabilité des agrégats du sol, par le biais de la formation de ponts cationiques, améliorant, ainsi, la structure du sol (Annabi *et al.*, 2007). L'application des composts diminue la densité massique, l'indice d'instabilité structurale, modifie le pH et optimise le développement et l'oxygénation des racines (Tahraoui, 2012). Le compost conserve dans le sol la microfaune et la microflore en contribuant ainsi au bon fonctionnement des échanges entre sol et plante.

2.1.3. Différents types de compostage

2.1.3.1. Compostage anaérobie

Le compostage anaérobie est un processus de dégradation des déchets organiques qui se déroule en l'absence d'oxygène. Le compostage anaérobie se produit à des températures plus basses. Cela signifie que le processus peut être plus lent, ce qui peut être un inconvénient pour ceux qui souhaitent obtenir rapidement du compost utilisable. De plus, le compostage anaérobie ne parvient pas à éliminer complètement les graines d'adventices et les pathogènes présents dans les déchets organiques. Cela peut être problématique, car cela signifie que ces organismes nuisibles peuvent, potentiellement, se retrouver dans le compost final et être transférés dans les jardins ou les cultures où le compost est utilisé. Malgré ces inconvénients, le compostage anaérobie présente également des avantages. Il nécessite moins de travail par rapport au compostage aérobie, car, il n'est pas nécessaire de retourner le compost régulièrement pour favoriser la décomposition. De plus, le compostage anaérobie limite la perte d'éléments nutritifs, tels que l'azote, le phosphore et le potassium, ce qui peut être bénéfique pour les sols qui en ont besoin (Inckel, 2005).

2.1.3.2. Compostage aérobie

Le compostage aérobie se fait, généralement, dans des composteurs ou des tas de compost qui permettent une bonne circulation de l'air. Un apport régulier d'oxygène stimule l'activité des micro-organismes aérobies responsables de la décomposition des matières organiques. De plus,

il détruit de nombreux micro-organismes et graines de mauvaises herbes pathogènes pour les humains et les plantes (Inckel, 2005).

2.1.4. Différentes méthodes de compostage

Il existe plusieurs méthodes de traitement biologique par compostage des déchets organiques (Inckel, 2005). Cependant, les plus utilisées sont la méthode indore, la méthode bangalore et le compostage dans des fosses.

✓ Méthode indore (tas en milieu aérobie)

La Méthode indore est, souvent, utilisée pour créer des couches de compost. La pile est construite à travers différentes couches successives. D'abord, une couche d'environ 10 cm d'épaisseur de matière organique persistante, suivie d'une couche de 5 cm d'épaisseur de matière organique facilement dégradable. De plus, une couche de 2 cm d'épaisseur de fumier animal, de compost ou de fumier provenant du réservoir de biogaz. Et enfin, une fine couche de terre à la surface (environ 10 cm) d'un sol propre (par exemple sous un arbre) (Morin, 2004).

✓ Méthode Bangalore (tas en milieu anaérobie)

La méthode de Bangalore est, également, une méthode largement utilisée pour fabriquer du compost. La structure du tas est la même que celle de la méthode Indore. Cependant, cette méthode nécessite de recouvrir complètement le tas de boue ou de mottes d'herbe, pour bien le sceller de l'air ambiant. Le processus de décomposition de la matière organique se poursuit, mais il est provoqué par d'autres types de micro-organismes. Ces micro-organismes travaillent plus lentement. Cette méthode prend plus de temps à produire du compost que la méthode indore (Inckel, 2005).

✓ Compostage dans des fosses

Dans cette méthode, le compost est créé dans un trou creusé dans le sol. La fosse modèle doit avoir une largeur de 1,5 à 2 m et une profondeur de 50 cm, et sa longueur peut varier. Pour réduire les pertes en eau, la fosse est recouverte d'une fine couche d'argile.

2.1.5. Procédure de fabrication du compost

La fabrication du compost est un processus complexe, lié à plusieurs facteurs aussi bien physiques, chimiques que biologiques pour son bon déroulement. Les différentes étapes du compostage concernent principalement la collecte des matériaux nécessaires au compostage, la mise en place du tas ou de la fosse et les opérations de suivi (retournement, arrosage).

Le processus de dégradation de la matière organique au cours du compostage se subdivise en quatre phases : les phases mésophile, thermophile, de refroidissement et de maturation (Leclerc, 2001 ; Inckel, 2005 ; Tahirou *et al.*, 2012). La décomposition de la matière organique est le

processus qui contribue à la libération d'éléments contenus dans la matière décomposable et la formation d'agréats stables (Soltner, 1986). En effet, le compostage provoque, de ce fait, une forte diminution des teneurs en matière cellulosique et du contenu cellulaire. Il entraîne, aussi, une augmentation des teneurs en matière minérale, en azote, en lignine et en fibre de la paille initiale, en subissant deux processus biologiques plus ou moins simultanés : l'humification et la minéralisation

✓ **Phase mésophile**

Pendant la période mésophile, de la chaleur est générée au sein du tas de compost.

C'est ce qu'on appelle la fermentation. Ceci est le résultat de la destruction de la structure fibreuse durable et complexe de la matière organique. Le centre du tas de compost est l'endroit où ce processus de fermentation (décomposition) est le plus important. La phase de fermentation commence généralement après 4 à 5 jours et peut durer 1 à 2 semaines.

(Tahirou *et al.*, 2012).

✓ **Phase thermophile ou phase de réchauffement**

La phase thermophile se caractérise par une augmentation de la température du tas résultante de la décomposition de 46 à 62 % de la matière organique sous forme de CO₂ et H₂O par les organismes thermophiles. Cette fermentation est maximale lorsque la température dans le tas de compost est de 60 à 70 °C (Inckel, 2005).

✓ **Phase de refroidissement**

L'étape de fermentation passe progressivement à l'étape de refroidissement. La décomposition se produit sans dégagement de chaleur significatif, de sorte que la température du tas de compost diminue lentement. Durant cette étape, de nouveaux types de micro-organismes transforment les composants organiques en humus. Le milieu du poil retient l'humidité et la chaleur, et la température descend de 50°C à environ 30°C.

(Inckel, 2005).

✓ **Phase de maturation**

L'étape de maturation est une étape de stabilisation où la vitesse de décomposition ralentit et la température diminue jusqu'à atteindre la même température que le sol (15-25 °C selon le climat). Pendant cette phase, il y a des réactions secondaires de condensation et de polymérisation qui conduisent à la formation d'humus avec les acides humiques, particulièrement, résistants à la dégradation (Leclerc, 2001).

2.1.6. Caractéristiques et propriétés des composts

Les composts sont des mélanges organiques, obtenus à partir de la décomposition des matières organiques. Ils renferment quelques caractéristiques et propriétés, à savoir, une quantité élevée de matière organique. Cela les rend extrêmement bénéfiques pour les sols, car ils augmentent leur fertilité en fournissant des nutriments essentiels aux plantes. L'ajout de composts au sol permet d'améliorer sa structure et sa texture. Les composts agissent, comme, un amendement du sol, aidant à ameublir les sols argileux et à retenir l'humidité dans les sols sableux. Les composts ont une capacité élevée de rétention d'eau, ce qui est bénéfique dans les régions où l'eau est rare ou lors de périodes de sécheresse (Calvet *et al.*, 2011). Ils aident à retenir l'humidité dans le sol, réduisant ainsi la dépendance à l'irrigation. Les composts favorisent une meilleure circulation de l'air dans le sol. Cela facilite la respiration des racines des plantes et favorise la croissance saine des plantes. Certains composts ont également des propriétés antifongiques et antibactériennes qui aident à contrôler les maladies des plantes. Ils peuvent, également, repousser certains parasites nuisibles. L'utilisation de compost permet de réduire la quantité de déchets organiques dirigés vers les décharges (Leclerc, 2001). C'est une pratique écologique et durable qui contribue à la préservation de l'environnement. Les composts contiennent également une quantité équilibrée de nutriments essentiels tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium, etc. Ils fournissent une nutrition de haute qualité aux plantes, favorisant leur croissance et leur développement sain. L'ajout de composts au sol stimule la vie microbienne bénéfique aux plants. Les micro-organismes du sol, tels que les bactéries et les champignons, se nourrissent des matières organiques présentes dans le compost, favorisant, ainsi, une biodiversité saine dans le sol (Fabrizio *et al.*, 2009).

2.2. Substrats de croissance des cultures

2.2.1. Notion de substrat de croissance

La qualité du système racinaire et son architecture sont sous contrôle génétique (Schiefelbein & Somerville 1990 ; Lamhamedi *et al.*, 2000b ; Gravel-Grenier *et al.*, 2011 ; Carles *et al.*, 2012 ; Jung & McCouch, 2013). Son développement dépend cependant des pratiques culturales (type de conteneur, régie d'irrigation, régie de fertilisation, endurcissement, mycorhization...etc), selon Carles *et al.*, (2008) et Landis & Morgan, (2009), et des caractéristiques physico-chimiques du substrat utilisé (Nkongolo & Caron, 1999 ; Caron *et al.*, 2005a, Allaire *et al.*, 2005, ; Caron *et al.*, 2008 ; Bakry *et al.*, 2011 ; 2013). En effet, outre le support physique qu'il fournit aux plants, le substrat de croissance contribue à faciliter l'expression génétique racinaire. La gestion des régies de culture est, également, dépendante

des propriétés physico-chimiques des substrats en pépinière (Caron *et al.*, 2005b). L'espace poral du substrat de culture est le siège du développement racinaire et la voie de la colonisation de la motte par les racines. Sa capacité de stockage de l'eau, de l'air, des éléments nutritifs et la facilité avec laquelle sont restitués aux semis sont déterminantes, pour la bonne croissance et le développement des semis (Allaire *et al.*, 1996). Le principal défi du remplacement du terreau forestier consiste à passer de l'utilisation d'une matière naturelle précieuse et non renouvelable (Ostos *et al.*, 2008) à une variété de solutions sans terreaux, tout en maintenant des performances équivalentes (Wrap, 2013). Cela est essentiel pour garantir un approvisionnement local, régulier et durable en substrats de croissance de qualité standard pour l'industrie de la production de plants.

2.2.2. Substrat de croissance, un requis pour la modernisation des pépinières d'essences forestières

La modernisation des pépinières forestières fait partie intégrante du développement de la filière de production de plants et de lutte contre la déforestation (Lamhamedi *et al.*, 2006a, Ammari, 2008). Cette modernisation intègre, notamment, l'emploi des conteneurs rigides et d'un substrat de culture standard compatible avec la production en surélévation. Ce dernier joue un rôle déterminant durant toutes les phases de production et il est, par conséquent, considéré comme l'élément clé pour la modernisation des pépinières forestières (Lamhamedi *et al.*, 2000a, 2006a). Les différentes méthodes traditionnelles utilisées sont très simplifiées et ne permettent d'obtenir que des plants de mauvaise qualité, étant donné leur comportement sur le terrain de reboisement (Abourouh, 1994). En effet l'origine variée des composts et le manque de standards et de normes physicochimiques conduisent souvent à la production de plants de qualité inférieure à ceux produits en sachets en polyéthylènes. Chaque type de substrat exige en effet, un ajustement propre de l'irrigation, de la fertilisation et des autres procédures culturales (Landis & Morgan, 2009). Ceci n'est pas envisageable, lorsque la nature et la composition des substrats changent avec les pépinières, et pour la même pépinière selon, les années et les sources d'approvisionnement.

2.2.3. Normes de qualité pour les substrats de croissance

Des substrats de croissance, répondant aux standards internationaux, sont nécessaires et, largement, justifiés, pour les pépinières des zones avec des sols affectés par les activités humaines. Ces substrats doivent être poreux, non contaminés, physiquement et biologiquement stables et répondant aux normes physico-chimiques minimales (Harada & Inoko, 1980 ; Bunt, 1988 ; Yeager *et al.*, 2007 ; WRAP, 2011) illustrées dans le (Tableau I). Il est, donc,

indispensable d'utiliser pour ces zones, des substituts renouvelables, appropriés et localement disponibles (Lamhamedi *et al.*, 1999 ; 2000b), pouvant supporter, avec des performances assez semblables à celles de la tourbe, la production de plants forestiers de qualité. Le compostage aérobie peut jouer ce rôle et constituer la solution alternative à ce problème.

Tableau I: Caractéristiques physico-chimiques des substrats de croissance, selon les valeurs standards (WRAP, (2011))

variables	Valeurs désirables
pH	5,5 à 6,5
Conductivité électrique (CE ds m ⁻¹)	< 1,5
Masse volumique (g.cm ⁻³)	0,1 à 0,4
Porosité totale (%)	65 à 85
Porosité d'air (cm ³ .cm ³)	0,15 à 0,30
Capacité de rétention en eau (cm ³ .cm ³)	0,25 à 0,35
Dimension des particules (cm)	1 à 6
Matière organique (%)	>50

Chapitres 3. Essences agroforestières

3.1. Cas de *Terminalia superba* Engl. & Diels (Combretaceae)

3.1.1. Répartition géographique

Terminalia superba Engl. & Diels est répandue en Afrique de l'Ouest et Centrale, depuis la Guinée-Bissau jusqu'en République Démocratique du Congo et au Cabinda (Angola). Elle est mise en culture dans bon nombre de pays tropicaux, en dehors de son aire naturelle, en tant qu'essence de plantation et d'exploitation (Groulez & Wood, 1985). Préfère les sols bien drainés, riches en matière organique et légèrement acides à neutres.

3.1.2. Description botanique

Terminalia superba communément appelé **ayous** ou **fraké**, est un arbre tropical appartenant à la famille des Combretaceae. Cette famille comporte environ 18 genres, renfermant environ 450 espèces, dont près de 200 sont du genre *Terminalia*. Le nom latin vient du fait que les feuilles sont groupées en touffes à l'extrémité des rameaux (Groulez & Wood, 1985). L'espèce *Terminalia superba* est un arbre qui atteint 30 à 40 m de haut, avec une cime étagée et un contrefort ailé, s'élevant de 3 à 5 m de haut. Son fût est très droit, régulier et à faible décroissance, le diamètre au-dessus de l'empattement varie, en général, de 60 à 120 cm, sans dépasser 150 cm² (Pauwels, 1993). Il dispose d'un gros contrefort un peu épais, semblables à des madriers. Chez les jeunes arbres, la surface de l'écorce est lisse et grise, mais, superficiellement sillonnée et à écailles allongées gris brunâtre chez les arbres adultes. Les jeunes ramilles brun-roux sont couvertes d'une pubescence courte. Les feuilles sont simples et entières, disposées en spirale et elles sont groupées à l'extrémité des rameaux. On y note une absence de stipules. Le pétiole est long, avec des glandes près de l'apex, le limbe est ovale. Les fleurs sont de types bisexuées ou males, régulières, généralement, à 5 métamères et les fleurs sont petites, regroupées en inflorescences axillaires ou terminales. Elles sont souvent de couleur blanche à jaunâtre et attirent divers pollinisateurs. Le fruit est une drupe, ce qui signifie qu'il est constitué d'une partie externe dure qui entoure une graine. Les fruits ont généralement une forme oblongue ou ovoïde, souvent légèrement aplatie. Ils mesurent environ 2 à 5 cm de longueur. À maturité, les fruits sont de couleur brunâtre, avec une surface lisse et brillante. Chaque fruit contient une seule graine, protégée par une coque dure. Les graines sont dispersées par le vent et les animaux, et elles peuvent germer dans des conditions favorables, contribuant à la régénération de l'espèce dans son habitat naturel. (ATIBT, 1986).



Figure 1 : Pieds adultes de *Terminalia superba*

3.1.3. Propriétés

Le bois de cœur est de couleur grise à jaune pâle ou blanc rosé et difficile à distinguer de l'aubier de 12 à 15 cm de large, qui est de couleur foncé à brun rougeâtre pâle (C.T.F.T, 1974). C'est un bois un peu léger à moyennement lourd, et une densité de 430 à 730 kg/m³, avec une humidité de 12 %. Il sèche rapidement à l'air, avec de légère altération (Durand & Edi, 1979). C'est un bois facile à scier, aussi bien à la main qu'à la machine. Le retrait de la lame de coupe est facile. Le bois est facile à travailler, mais, nécessite l'utilisation de bouche-pores. Retient bien les clous et les vis, mais est sujet aux fissures. Un placage de haute qualité peut être obtenu par découpe et pelage. En revanche, les propriétés de cintrage à la vapeur sont inférieures (Edi, 2000).

Le bois a une durée de vie limitée car sujet aux attaques de scolytes, de termites et de térébrants marins. Le bois de cœur s'imprègne difficilement des produits de préservation. Les éclats de bois peuvent provoquer des infections cutanées, des allergies cutanées et des allergies respiratoires chez les menuisiers. La qualité de production du papier est satisfaisante, même, si la qualité du papier produit est moyenne (CIRAD, 2008).

3.1.4. Classification taxonomique

La classification APG (Angiosperm Phylogeny Group) de *Terminalia superba* (communément appelé Faké ou limba) est la suivante, selon le système APG IV (2016)

Règne	: Plantae
Clade	: Angiospermes
Clade	: Eudicotylédones
Clade	: Rosidées
Ordre	: Myrtales
Famille	: Combretaceae
Genre	: <i>Terminalia</i>
Espèce	: <i>Terminalia superba</i>

3.1.5. Écologie

Selon Groulez & Wood (1985), *Terminalia superba* Engl. & Diels est une espèce se trouvant dans les pays Africains, endémique, des forêts ombrophiles, décidues appartenant à la région phytogéographique guinéenne. Les plants se développent, généralement, sous une pluviométrie annuelle supérieure à 1500 mm d'eau et une saison sèche inférieure à 4 mois. Dans l'aire de distribution naturelle du *Terminalia superba*, la température moyenne mensuelle est comprise entre 20 et 28 °C. *Terminalia superba* Engl. & Diels est une espèce héliophile qui se retrouve en abondance dans les vallées situées entre 150 et 280 m d'altitude. Il se développe de préférence sur des sols alluvionnaires riches, frais et bien drainés. Il peut également être cultivé sur des sols argileux et sableux, à pH acide et à forte teneur en matière organique. Il joue un rôle important dans l'écosystème forestier, offrant un habitat pour diverses espèces animales et contribuant à la biodiversité.

3.1.6. Croissance et développement

La croissance de *Terminalia superba* en Côte d'Ivoire se caractérise par un développement rythmé, avec des feuilles denses et des branches verticillées. Un taux de croissance d'environ 2,5 mètres par an a été observé au cours des dix premières années suivant la plantation, atteignant une hauteur de 14 mètres et un diamètre de tronc de 22 cm à l'âge de quatre ans (Dupuy *et al.*, 1985). Dans des conditions favorables, les arbres, plantés, peuvent atteindre un diamètre de tronc de 50 centimètres après 20 ans (Groulez & Wood, 1985). Une augmentation annuelle moyenne du diamètre du tronc de 9,5 mm a été signalée dans les forêts naturelles de République Centrafricaine, contre 11 mm au Cameroun. L'augmentation annuelle moyenne de la teneur en bois de cœur dans les plantations a été estimée à 14,5 m³/ha (Mapongmetsem, 1998). L'arbre perd naturellement ses branches et pousse rapidement un long tronc sans défaut

pouvant atteindre 16 mètres de longueur à l'âge de 12 ans. Pendant la saison sèche, il n'y a pas de feuilles pendant 2-3 mois. Au début de la saison des pluies, de nouvelles feuilles et fleurs apparaissent. L'arbre commence à fleurir lorsque le diamètre du tronc atteint 30 cm, mais cela peut arriver au bout de 6 ans. Plus tard dans la journée, des insectes, comme les mouches et les abeilles visitent les fleurs. L'âge de la première fructification varie entre 15 et 37 ans. Les fruits, qui mûrissent entre 6-9 mois après la floraison en saison sèche, sont dispersés par le vent. En général, l'arbre en produit chaque année en grande quantité (Mapongmetsem, 1998).

3.1.7. Multiplication

Le Fraké est une espèce végétale qui a la capacité de coloniser, rapidement, les zones perturbées et dégradées, telles que les zones brûlées, les terres abandonnées, les sites miniers ou les terrains en construction. Le Fraké possède des caractéristiques qui lui permettent de s'adapter à des conditions environnementales difficiles, telles que la résistance à la sécheresse et la capacité à tolérer des sols pauvres en nutriments. Il pousse rapidement, et peut former des peuplements denses, ce qui facilite la colonisation de nouvelles zones et la restauration écologique des écosystèmes endommagés. Les semis sont très présents le long des routes et dans les clairières de taille moyenne de la forêt. Leur quantité est assez importante, avec une estimation de 5000 à 7000 fruits par kilogramme. Les graines sont dans un état de repos, et ne germent pas immédiatement, après avoir été semées. Une fois ramassés, les fruits doivent être séchés au soleil pendant quelques jours, pour éliminer l'excès d'humidité. Cela permet de prolonger leur durée de conservation. Il est important de choisir un endroit ensoleillé et bien ventilé pour le séchage des fruits. Les fruits doivent être disposés sur des plateaux et retournés régulièrement, pour assurer un séchage uniforme. En fonction de l'épaisseur des fruits, cela peut prendre de quelques jours à quelques semaines pour qu'ils soient complètement séchés. Une fois séchés, les fruits peuvent être conservés dans des sacs en tissu ou des bocaux hermétiques pour une utilisation ultérieure (Gyimah, 1999).

Pour semer, des graines, vous devez les recouvrir d'une fine couche de sable. La germination commence 1,5 à 4 semaines après le semis, mais peut varier en fonction de la température, de l'humidité et de la qualité des graines. Il est important de fournir des conditions optimales pour favoriser la germination et la croissance des plantes (Ahoton *et al.*, 2011). Les boutures de plantes âgées de 18 mois peuvent être utilisées pour la plantation, avec une longueur d'environ 1 m et un diamètre d'au moins 10 mm.

La longueur de la racine pivotante est d'au moins 40 cm et son orientation ne doit pas être modifiée lors de la plantation (Gyimah, 1999).

3.1.8. Maladies et ravageurs

En Côte d'Ivoire et au Nigeria, les larves du papillon *Epicerura* spp. et le criquet *Zonecerus variegatus* ont causé d'importants dégâts aux jeunes plantations, entraînant une baisse considérable du rendement des cultures de Fraké. Ces deux ravageurs sont connus pour se nourrir des feuilles des plantes, ce qui réduit leur capacité à effectuer la photosynthèse et à se développer correctement. En conséquence, les plantes affaiblies sont plus vulnérables aux maladies et autres stress environnementaux, ce qui peut entraîner une diminution importante du rendement. L'utilisation d'insecticides peut être efficace, pour lutter contre les ravageurs des cultures, mais, il est essentiel de prendre en compte les effets sur l'environnement et de trouver des solutions durables pour la protection des cultures. Les stumps plantés font souvent, l'objet d'attaque par les termites, mais, on peut y venir à bout en traitant la base avec des produits chimiques (ATIBT, 1986).

3.1.9. Usages

Le bois de Fraké est un matériau polyvalent et apprécié dans le domaine de la menuiserie et de l'ameublement. Sa couleur claire et sa facilité de travail en font un choix populaire, pour de nombreuses applications, tant intérieures qu'extérieures. Il convient pour les travaux de construction légers, le parquet léger, la construction navale et les travaux de menuiserie sportive. Localement, il est utilisé dans la construction de meubles et de charpentes. Adaptées à la fabrication de pâte à papier, les branches sont utilisées comme combustible ou pour fabriquer du charbon de bois, même si la qualité du papier produit est moyenne (CTFT, 1974). L'écorce renferme un colorant jaune qui sert traditionnellement à teindre les fibres, utilisées pour la confection de nattes et de vannerie. Les écorces sont, souvent, utilisées en médecine traditionnelle pour leur action antiseptique, anti-inflammatoire et cicatrisante. Les décoctions et les macérations d'écorce sont préparées en faisant bouillir l'écorce dans de l'eau ou en la laissant tremper dans de l'eau chaude pendant un certain temps. Les feuilles servent de diurétiques, les racines de laxatifs. En Côte d'Ivoire, *Terminalia superba* Engl. & Diels est, parfois, planté comme arbre d'ombrage dans les plantations de cacaoyers et de caféiers. Il est apprécié pour sa croissance rapide, sa résistance à la sécheresse et sa capacité à fournir une bonne protection contre le soleil pour les cultures en dessous (Bolza & Keating, 1972).

3.2. Cas de *Terminalia ivorensis* A. chev (Combretaceae)

3.2.1. Origine et répartition géographique

Terminalia ivorensis A. chev est une espèce d'arbre qui se trouve dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest et centrale. Elle est présente, depuis la Guinée-Bissau jusqu'à l'ouest du Cameroun.

Cette espèce pousse, préférentiellement, dans les forêts tropicales et les savanes boisées de ces régions. Elle est bien adaptée aux conditions environnementales de la région, y compris la sécheresse et les sols pauvres en nutriments (CTFT, 1974).

3.2.2. Description botanique

Terminalia ivorensis A. Chev est un arbre à feuilles caduques de taille moyenne à grande qui atteint 45 à 50 m de hauteur (Figure 2). Le système racinaire se compose, généralement, d'une racine pivotante et de quelques racines latérales superficielles tolérantes au dessèchement. Son tronc est droit, cylindrique et peut atteindre un diamètre de 1 à 1,5 m. L'écorce est lisse, de couleur grise à brun clair, avec des fissures longitudinales peu profondes. Les feuilles sont simples, alternes, de forme ovale à elliptique, mesurant environ 10 à 20 cm de longueur et 5 à 10 cm de largeur. Elles sont de couleur vert foncé sur la face supérieure et plus claire sur la face inférieure, avec une nervure médiane proéminente. Les fleurs sont petites, de couleur crème à jaune pâle, regroupées en grappes terminales. Les fruits sont de petites capsules ligneuses contenant une ou deux graines ailées (Hawthorne, 1998).



Figure 2: Pieds adultes de *Terminalia ivorensis*

3.2.3. Propriétés

Le duramen est de couleur jaune-brun à rose-brun pâle et n'est pas significativement différent de l'aubier légèrement plus clair. Le fil est droit, légèrement entrelacé par endroits, et le grain est modérément grossier et irrégulier. Le bois de cœur présente une structure homogène et poreuse. Parce qu'il est solide et dur, c'est le matériau de choix pour diverses utilisations, notamment la construction et la fabrication de meubles. Le duramen peut être facilement poli et fini pour obtenir une surface lisse et brillante. C'est un bois moyennement léger à moyennement lourd (Bolza & Keating, 1972). Le bois est également très résistant et durable et se scie facilement. Cependant, en raison de sa densité, il peut être plus difficile à travailler que

d'autres types de bois. Bien que le bois soit considéré comme très durable, il peut être attaqué par les scolytes, les cloportes, les bouquetins et les termites, aussi assez résistant aux champignons. Le bois de cœur résiste à l'imprégnation de conservateurs, tandis que, l'aubier est moyennement résistant. La sciure de bois peut provoquer une irritation cutanée et respiratoire chez les menuisiers (CIRAD, 2012).

3.2.4. Classification taxonomique

La classification APG (Angiosperm Phylogeny Group) de *Terminalia Ivorensis* (communément appelé Framiré) est la suivante, selon le système APG IV (2016) :

Règne	: Plantae
Clade	: Angiospermes
Clade	: Eudicotylédones
Clade	: Rosidées
Ordre	: Myrtales
Famille	: Combretaceae
Genre	: <i>Terminalia</i>
Espèce	: <i>Terminalia ivorensis</i>

3.2.5. Écologie

Terminalia ivorensis A. Chev est une espèce végétale qui se trouve dans les forêts sempervirentes et les forêts humides semi-décidues. Ces arbres sont très fréquents dans les stations basses, où les grands arbres sont abondants. Ils sont particulièrement communs dans la zone de transition entre les forêts humides semi-décidues et les forêts sempervirentes. Au Ghana, on les trouve souvent le long des routes. Ils préfèrent les régions où la pluviométrie annuelle est comprise entre 1250 et 3000 mm d'eau, avec une saison sèche pouvant durer jusqu'à 3 mois (Kouadio *et al.*, 2021). Les températures annuelles moyennes dans ces régions varient entre 23 et 27 °C. *Terminalia ivorensis* A. Chev est une espèce résiliente qui peut s'adapter à une variété de conditions de sol et de climat. Cependant, pour assurer sa croissance optimale, il est recommandé de l'implanter dans des sols bien drainés et de lui fournir un bon approvisionnement en eau (Siepel *et al.*, 2004).

3.2.6. Croissance et développement

Après la germination, les semis de *Terminalia ivorensis* A. Chev poussent lentement au début. Cela peut être dû à différents facteurs environnementaux, tels que la disponibilité en eau, en nutriments et en lumière. Ces jeunes plants développent, un système racinaire solide avant de

commencer à produire de nouvelles feuilles et des branches. Au bout de quelques mois, la croissance des semis s'accélère, généralement, à mesure qu'ils s'adaptent à leur environnement et que leurs racines se développent davantage (Abayomi, 1993). Ils commencent, alors, à produire de nouvelles pousses, à augmenter leur taille et à développer un feuillage dense. La croissance de *Terminalia ivorensis* A. Chev peut être influencée par la disponibilité des ressources, la température, l'humidité et d'autres facteurs environnementaux. Il est essentiel d'offrir aux jeunes plants des conditions optimales, notamment en assurant un arrosage régulier, en protégeant contre les parasites et les maladies, et en garantissant une bonne exposition à la lumière. Cela favorisera une croissance saine et régulière des semis de *Terminalia ivorensis* A. Chev.. En forêt, les jeunes arbres des clairières moyennes à grandes peuvent atteindre une hauteur de 17 mètres et un diamètre de tronc de 25 centimètres en 8 ans après la germination (Cadio et Ouréa, 2003). L'arbre perd naturellement ses branches et forme rapidement un long tronc sans tache. Pendant la saison sèche, il n'y a pas de feuilles pendant 2-3 mois. Les jeunes arbres commencent à fleurir et à fructifier à l'âge de 5 ans. De nouvelles feuilles et fleurs apparaissent au début de la saison des pluies et la floraison se poursuit, encore, 2-3 mois (avril-juillet). Les fruits restent longtemps sur l'arbre, mais, finissent par être dispersés par le vent (Abayomi, 1993).

3.2.7. Multiplication et plantation

Terminalia ivorensis, également, connu sous le nom de Framiré, est une essence pionnière en Côte d'Ivoire. Cela signifie qu'ils sont l'une des premières espèces végétales à coloniser de nouveaux environnements, notamment, le long des routes et des terres agricoles abandonnées. On le trouve, couramment dans les plantations de cacao en Côte d'Ivoire. Bien que la régénération soit, souvent, clairsemée, les forêts secondaires locales peuvent être dominées par de jeunes individus de *Terminalia ivorensis*. Les graines ont un certain degré de dormance et le taux de germination des graines fraîches est souvent faible. Cependant le taux de germination peut être amélioré en les trempant dans l'eau. En scarifiant les graines, on peut augmenter la perméabilité de la couche externe, ce qui permet à l'eau et à l'oxygène d'atteindre plus facilement l'embryon à l'intérieur de la graine. Cela favorise les processus métaboliques, nécessaires à la germination, tels que la respiration et la croissance de la racicule (Corbineau & Côme, 1993). Les semis sont sensibles aux températures élevées, en conditions naturelles. Ils sont beaucoup présents à proximité des cours d'eau et des marécages saisonniers. En pépinière, on les place, généralement, sous une ombrière jusqu'à ce qu'ils aient 2 mois. Ils y restent, souvent, jusqu'à 4 mois (Galiana, 1986).

3.2.8. Maladies et ravageurs

Les plantations de Côte d'Ivoire, du Ghana, du Nigeria et du Cameroun ont été défoliées par les larves du papillon *Epicerura spp*, qui peuvent provoquer des pertes de rendement considérables et un dépérissement à grande échelle. Des pulvérisations d'insecticides, tels que la décaméthrine et l'hydrogénoxalate de thiocyclame, à des concentrations de 900 g et de 300 g de principe actif par ha, respectivement, ont permis d'obtenir de bons résultats, mais une maladie virale s'attaquant au ravageur a également été identifiée. Les fruits sont souvent la proie des charançons des genres *Nanophyes* et *Auletobius* (CTFT, 1974).

3.2.9. Usages

Le bois de Framiré ou d'idigbo est connu pour sa résistance et sa durabilité, ce qui en fait un choix populaire dans de nombreuses applications. Il présente une couleur jaune clair à jaune brunâtre, avec un grain droit et une texture fine. Sa densité est moyennement élevée, ce qui le rend facile à travailler et à façonner. Grâce à sa stabilité dimensionnelle, il est particulièrement adapté aux constructions légères et aux huisseries (CTFT, 1974). Il est, également, très apprécié dans la menuiserie pour la fabrication de portes, de fenêtres et de cadres. Dans le domaine de l'ébénisterie, il est, souvent, utilisé pour construire des meubles de haute qualité (Bolza & Keating, 1972). Son grain fin et droit permet d'obtenir des finitions lisses et uniformes. Il est, également, couramment utilisé en placage et en contreplaqué pour ajouter une touche esthétique aux meubles et aux panneaux. En ce qui concerne les applications plus spécifiques, le bois de Framiré est utilisé dans la parqueterie, pour créer des planchers durables et attrayants. Il est, également, utilisé dans les boiserie intérieures, comme, les lambris et les moulures. En raison de sa résistance et de sa durabilité, il est utilisé dans la charronnerie pour construire des roues de charrettes et d'autres pièces d'équipement nécessitant une grande solidité. En dehors de la construction, il est, également, utilisé dans la fabrication d'articles de sport tels que des raquettes de tennis ou des cannes, à pêche en raison de ses propriétés légères et résistantes (Bolza & Keating, 1972). La caisserie est une autre utilisation courante, où le bois de Framiré est utilisé pour fabriquer des caisses et des emballages solides. Il est, aussi, utilisé pour la fabrication d'allumettes en raison de sa facilité de combustion et de sa production de flammes vives. Il est, aussi, populaire dans l'industrie du tournage, car il est facile à travailler et permet de créer des pièces aux formes variées et intéressantes (CTFT, 1974).

Enfin, le bois est utilisé dans la production de panneaux de fibres ou de particules, ainsi que dans la fabrication de pâte à papier. Il est utilisé localement pour la fabrication de madriers, de bardeaux, de pieux de clôture, de pirogues monoxyles, de tambours et de mortiers (Irvine, 1961). L'arbre est employé en agroforesterie comme essence d'ombrage. Il est également planté

comme arbre d'alignement. L'écorce et le bois contiennent un colorant jaune, utilisé traditionnellement pour teindre les tissus et les fibres employés en vannerie. La décoction ou la poudre d'écorce serve en médecine traditionnelle à soigner les lésions, les plaies, les ulcères et les hémorroïdes. Elles servent, également, à soigner le paludisme, la fièvre jaune, et l'antalgique en cas de rhumatisme et de douleur musculaire (Neuwinger, 2000).

3.3. Cas de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm (Verbenaceae)

3.3.1. Origine et distribution

Gmelina arborea Roxb. ex Sm est connu sous son nom birman « Yemane » dans une grande partie du monde forestier anglais. Originaire d'Asie, son aire naturelle s'étend du Pakistan au Sri Lanka, vers le sud et vers l'est, jusqu'au Myanmar, à Thaïlande, au Vietnam et au sud de la Chine (Adam & Krampah, 2005). Cette espèce a été, largement, plantée, comme, arbre à croissance rapide dans les régions tropicales d'Afrique, d'Asie, d'Australie, d'Amérique, des Antilles et sur plusieurs îles de l'océan Pacifique (Adam & Krampah, 2005). En Afrique tropicale, *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm est plantée dans de nombreux pays et des plantations à grande échelle peuvent être trouvées au Sénégal, en Gambie, en Sierra Leone, en Côte d'Ivoire, au Mali, au Burkina Faso, au Ghana, au Nigeria, au Cameroun et au Malawi (Figure 3). La superficie totale des plantations de *Gmelina arborea*, en Afrique, a été estimée à 130 000 ha (Adam & Krampah, 2005).



Figure 3 : Carte de distribution de *Gmelina arborea* en Afrique

Source : (Adam & Krampah, 2005)

- : pas de plantation de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm
- : plantation de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm

3.3.2. Classification taxonomique

La classification APG (Angiosperm Phylogeny Group) de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm est la suivante, selon le système APG III (2009), est la suivante :

Règne	: Plantae
Clade	: Angiospermes
Clade	: Eudicotylédones
Clade	: Astéridées
Clade	: Lamiidées
Ordre	: Lamiales
Famille	: Verbenaceae
Genre	: <i>Gmelina</i>
Espèce	: <i>Gmelina Arborea</i>

3.3.3. Description botanique

Gmelina arborea Roxb. ex Sm est un grand arbre qui peut atteindre 30 m de hauteur, avec un fût droit utilisable de 15 m et 4,50 m de circonférence, dans les stations optimales pour sa croissance (Figure 4). Le tronc est un fût cylindrique, fréquemment, courbé, mais, généralement, droit, légèrement renflé à la base, sans contreforts, à cime dense, avec des branches largement étalées. L'écorce est lisse ou rugueuse devenant plus ou moins écailleuse sur les vieux sujets, liégeuse, grise à beige clair ou gris jaunâtre, à tranche jaunâtre devenant brun pâle à l'air. Les feuilles, acuminées, décussées sans stipules, sont simples, opposées et caducifoliée à l'exception de la première année (Adam & Krampah, 2005). Les fleurs, en panicules, sont bisexuées, zygomorphes de couleur jaune-brun, irrégulières, de 5 cm de longueur, avec un calice largement en cloche et une corolle soyeuse contenant 4 étamines et un style dressé, divisé en deux au sommet (Agbato, 2020). Le fruit est une drupe ovoïde, charnue, luisante, de 3 cm de longueur, un peu déprimée sur la partie supérieure, contenant 1 à 2 graines longuement ovoïdes, de 2 cm de longueur (Gouwakinnou, 2006).



Figure 4 : Différentes parties de *Gmelina arborea*

Source : Adam & Krampah, 2005

1 : port de l'arbre ; 2 : rameau feuillé en fleurs ; 3 : fleur ; 4 : fruits.

3.3.4. Écologie

Gmelina arborea Roxb. ex Sm pousse dans les zones sèches et humides à des altitudes allant du niveau de la mer à 1500 m et des précipitations annuelles de 750 mm à 4500 mm d'eau (Adam & Krampah, 2005). Il peut tolérer une saison sèche, allant jusqu'à 6 à 7 mois (Duke, 1983), bien que le climat optimal, pour l'espèce, se situe dans des zones avec une courte période sèche de 3 à 5 mois et une humidité relative moyenne d'environ 40 %. Il pousse mieux sous les climats avec une température annuelle moyenne allant de 21 à 28 °C (Orwa *et al.*, 2009) et des températures mensuelles moyennes, généralement, entre 18 et 35 °C, pour les plus frais et les plus chauds. *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm pousse sur de nombreux types de sols, y compris les sols sablonneux secs et les sols acides fortement lessivés, avec un pH variant de 5 à 8 (Orwa *et al.*, 2009). Lorsqu'ils sont établis dans de mauvaises conditions de sol, les arbres restent, souvent, rabougris ou deviennent un peu plus qu'un arbuste. L'espèce préfère les sols bien drainés et ne tolère pas les sites gorgés d'eau ou les sols tourbeux. *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm a une forte exigence en lumière (Adam & Krampah, 2005).

3.3.5. Croissance et développement

Dans leur aire de répartition naturelle, les jeunes arbres ont une croissance rapide pendant les 6 premières années, mais diminuent fortement à partir de la 7^{ème} année. *Gmelina* est un arbre à

vie éphémère, atteignant l'âge de 30 à 50 ans. Après 20 ans, il peut atteindre une hauteur de 30 mètres et un diamètre de tronc de 50 centimètres, mais, sa croissance dépend fortement de l'emplacement. Dans des conditions optimales, le fût est droit, avec une bonne taille naturelle dans des peuplements denses, alors que, dans de mauvaises conditions, la plante se développe uniquement en arbuste ; toutes les habitudes intermédiaires se produisent. Les arbres, isolés, développent de très grosses branches (Adam & Krampah, 2005).

L'arbre possède des feuilles caduques, sauf la première année. La floraison se produit lorsque les nouvelles feuilles commencent tout juste à se développer, mais, l'intensité de la floraison varie. L'inflorescence se développe progressivement, pendant 6 à 10 mois, de sorte que toutes les étapes, des boutons floraux aux fruits mûrs, peuvent être trouvées dans une seule inflorescence. *Gmelina* est auto-incompatible. Les fleurs autogames avortent en 15 jours. Les abeilles servent de pollinisateurs. Le pollen est produit le matin et le stigmate est réceptif du lever du soleil à 13 h. Les fruits mûrissent en 38 jours, environ, et ils sont mûrs lorsque leur couleur passe du vert au jaune. La fructification a tendance à être annuelle. Les arbres, de 3 à 4 ans, peuvent fleurir et fructifier régulièrement. Les fruits attirent les oiseaux, les chauves-souris et d'autres mammifères, qui dispersent les graines (Adam & Krampah, 2005).

3.3.6. Usages

Gmelina arborea Roxb. ex Sm est un arbre à croissance rapide souvent cultivé dans des plantations à grande échelle, pour produire du bois destiné à des constructions légères, l'artisanat, les placages décoratifs, la pâte à papier, le combustible et le charbon de bois. Il produit du bois de haute qualité qui est récolté, pour la fabrication de meubles, d'instruments de musique, des contreplaqués, des allumettes, des outils agricoles et, même, des membres artificiels. Le bois produit, également, une pâte de bonne qualité utilisée dans la fabrication du carton et du papier. Les fleurs produisent un nectar abondant qui produit un miel de haute qualité. Les feuilles sont, largement, utilisées, comme, fourrage, pour le bétail et dans la culture du ver à soie. La cendre du bois et les fruits produisent des colorants jaunes très persistants (Adam & Krampah, 2005).

En Asie tropicale, les racines, les feuilles et les graines de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm sont utilisées en médecine traditionnelle. Le fruit et l'écorce ont des propriétés médicinales contre la fièvre bilieuse. Le jus des feuilles est pris, comme, émollient, pour traiter la gonorrhée et la toux. Il est appliqué sur les plaies et les ulcères. Les racines sont considérées, comme, ayant des propriétés toniques, stomachiques et laxatives. Les fleurs ont été utilisées pour traiter la lèpre et les maladies du sang. *Gmelina* renferme un bon nombre de substances chimiques qui

peuvent avoir un potentiel commercial, pour la production de médicaments ou de produits chimiques.

Le *Gmelina* est, également, cultivé, comme, arbre d'ornement dans les jardins et les allées (Orwa *et al.*, 2009). Il est souvent utilisé dans les programmes de reboisement (Moya & Tomazello, 2008). L'espèce est aussi plantée dans des systèmes agroforestiers et, comme, arbre d'ombrage dans les cultures de manioc, de maïs, de café et de cacao (Orwa *et al.*, 2009). Il a été démontré que *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm a un certain potentiel pour la phytoremédiation des sols pollués par le pétrole brut tant que le niveau de contamination est inférieur à 5 % (Agbogidi *et al.*, 2007).

3.3.7. Sylviculture

Gmelina arborea Roxb. ex Sm est, normalement, multipliée par graines. Les graines fraîchement retirées des fruits récoltés, dont la paroi est, encore, vert-jaune à jaune, donnent les meilleurs taux de germination, de 65 à 80 %. Les noyaux, conservés à la température ambiante, doivent être trempés dans l'eau froide pendant 1 à 2 jours avant le semis, et, ceux qui ont une faible teneur en humidité doivent être ré-imbibés en les maintenant pendant 30 jours à l'obscurité dans du sable humide à 20 °C. On peut les transplanter sur le terrain lorsqu'ils atteignent une hauteur 23 à 30 cm, soit environ de 6 mois après semi. La plantation, en plein champ, a lieu, la plupart du temps, en début de saison des pluies (Adam & Krampah, 2005), avec un espacement variant de 2,5 m × 2,5 m à 3,5 m × 3,5 m. On pratique, souvent, des cultures intercalaires, telles que le maïs, le manioc ou l'igname, avec un espacement large (5 m × 5 m) pour le *Gmelina* qui bénéficie des techniques culturales pratiquées pour la culture agricole. Le *Gmelina*, étant exigeant en lumière et supportant mal la concurrence, il faut une bonne préparation du terrain et des désherbages pour assurer une bonne installation et une bonne croissance. *Gmelina* peut également être planté en mélange avec *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth, une espèce fixatrice d'azote utilisée comme bois de chauffage et arbre ornemental.

3.3.8. Maladies et ravageurs

De graves infestations fongiques ont été observées dans les plantations de *Gmelina arborea*. *Armillaria mellea* (Vahl) P.Kumm. (Tricholomataceae), *Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst. (Ceratocystidaceae) et *Gnomonia fragariae* Kleb. (Gnomoniaceae) sont quelques-uns des champignons qui causent de graves dommages aux plantations. En Afrique, les maladies fongiques sont, principalement, des maladies racinaires des semis de pépinière, causées par (

(Adam & Krampah, 2005). D'autres agents pathogènes de pépinière sont : *Pythium splendens* Hans Braun (Pythiaceae), qui provoquent le flétrissement des semis âgés de 1 à 2 mois ; *Fusarium oxysporum* f. *hyalinum* Brunaud (Nectriaceae), un champignon causant une mortalité élevée des semis et *Rhizoctoniasolani* qui provoque une maladie au collet (Orwa *et al.*, 2009). Les défoliateurs sont très courants, tant sur les semis que sur les arbres matures. Les fourmis coupeuses de feuilles provoquent une grave défoliation. L'insecte *Craspedontale ayana* a été signalé comme provoquant une grave défoliation en Inde (Rishi & Barthakur, 2016). En Inde, en Thaïlande et en Malaisie, le foreur *Acalolepta cervina*. Hope (Cerambycidae) a détruit ou gravement endommagé des plantations entières (Orwa *et al.*, 2009). Le dépérissement est causé par des coupeurs de pousses, comme, les larves d'*Alcidodes gmelinae* en Assam, au Bengale et au Myanmar. *Alcidodes ludificator* est, également, un ravageur important dans les pépinières et les jeunes plantations du nord-est de l'Inde (Senthilkumar & Barthakur, 2008). A Zaria (Nigeria), des arbres individuels ont montré une infestation sévère par le *Tapinanthus* sp. (Loranthaceae) (Nwanosike, 2005).

Chapitre 4 : Présentation de la zone d'étude

4.1. Situation administrative et géographiques

L'étude a été menée dans la ville de Daloa, chef-lieu de la région du Haut-Sassandra, dans la partie centre-ouest de la Côte d'Ivoire. La zone expérimentale est située au sein de la ferme expérimentale de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG), située entre $6^{\circ}54'N$ et $6^{\circ}26'W$. La commune de Daloa est limitée par la commune de Vavoua au nord, les communes d'Issia au sud, Zoukougbeu à l'ouest et Bonon à l'est. La superficie est de 17 761 km², soit 5,5 % du pays (Tuo *et al.*, 2016) (Figure 5).

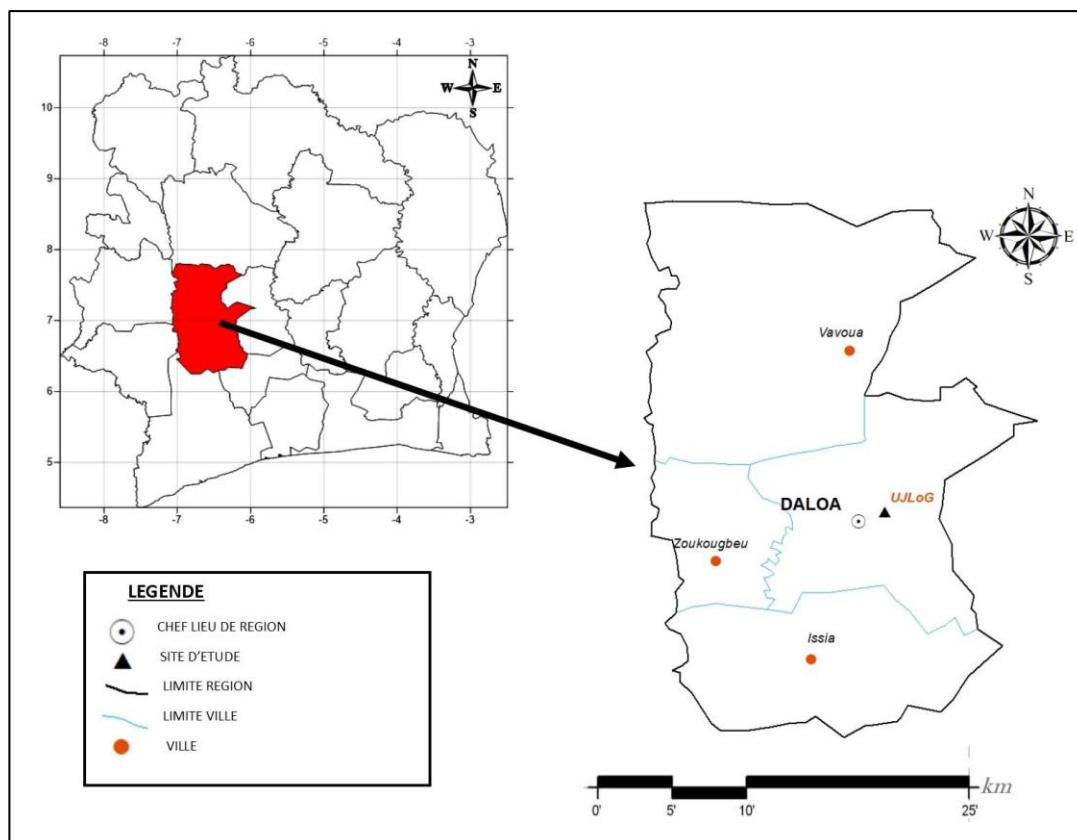


Figure 5: localisation du département de Daloa dans la région du Haut Sassandra en Côte d'Ivoire

4.2. Facteurs abiotiques du département de Daloa

4.2.1. Climat

La région du Haut-Sassandra a un climat de type équatorial. Cette région qui se caractérisait autrefois par une forte pluviométrie de 1868,5 mm de pluie par an en 1968 enregistre une baisse de l'ordre de 40 % ces dernières années (Ligban *et al.*, 2009). C'est une zone humide avec un climat à deux saisons (sèche et humide). La saison des pluies débute du mois de mars au mois d'octobre et la saison sèche de novembre à février (N'Guessan *et al.*, 2014). Les saisons sèches et humides alternent avec une pluviométrie

moyenne annuelle de 1300 mm (Brou, 2005). L'hygrométrie de cette région est importante avec une température moyenne annuelle (Koffie & Kra, 2013) de 26 ° C. Le diagramme ombrothermique de la région du Haut-Sassandra (Figure 6) qui a été réalisé à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles de (1989 à 2019)

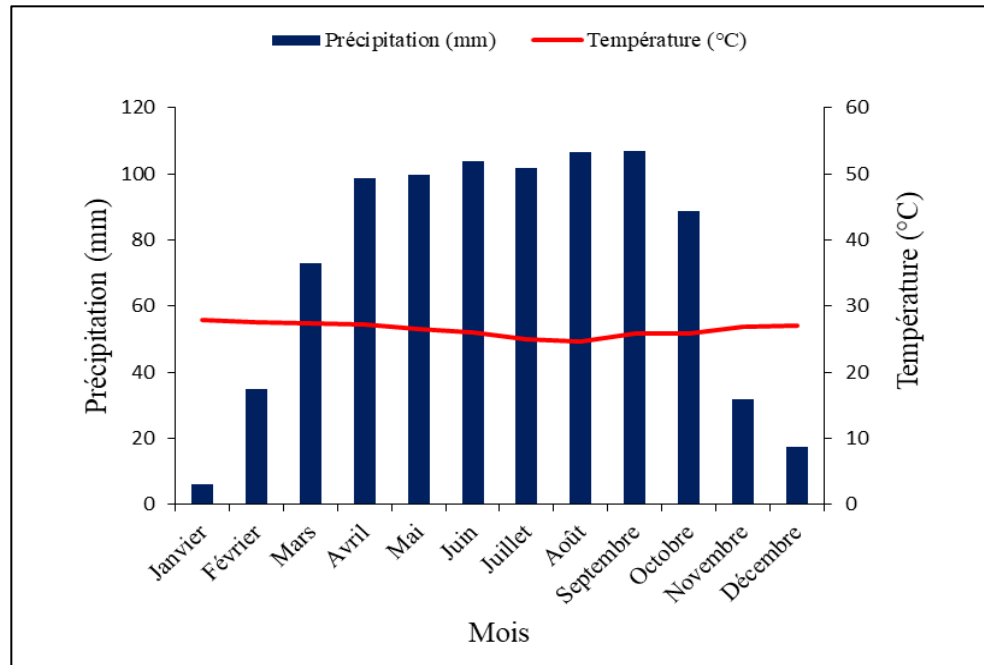


Figure 6: Diagramme ombrothermique de la région du Haut-Sassandra de 1989 à 2019.

(Données pluviométrique et de température sont issues de www.Tutiempo.net)

4.2.2 Hydrographie

Le réseau fluvial est dense et est dominé par la rivière Sassandra. Le principal affluent de cette rivière, la rivière Lobo, est le deuxième fleuve en importance. Les grandes rivières De et Goré complètent le canal (Sangaré *et al.*, 2009). Le long de ces cours d'eau se trouvent de vastes plaines alluviales propices à la culture de légumes de contre-saison (Kouadio, 2015). La période de crue dure environ 6 mois (de Mai à Novembre) et correspond à la saison des pluies, lorsque le stockage de l'eau du sol est rétabli (Sangaré *et al.*, 2009).

4.2.3. Sols

Les sols sont des ferralsols, et présentent de bonnes aptitudes agricoles, pour tous les types de culture (Zro *et al.*, 2016). Ce sont des sols lessivés d'environ 20 m de profondeur, à cause des précipitations abondantes et de l'altération rapide des roches mères. Cependant, ils sont vulnérables à l'activité agricole, et se transforment, rapidement, en cuirasse par suite d'une latéritisation (Koffie & Kra, 2013).

4.3. Potentialités agronomiques et environnement social

4.3.1. Potentialités agronomiques de la région

Le sol de la région du Haut-Sassandra est issu de l'altération du vieux socle précambrien. La faiblesse de l'érosion du sol justifie la présence continue du couvert végétal et rend le sol très profond en général avec le dépôt actif de l'humus organique. Les sols de composition ferrallitique présentent de bonnes aptitudes agricoles et se prêtent à tous les types de cultures. Au plan hydrographique, la présence de nombreux cours d'eaux à écoulement saisonnier tel que le Dé, le Bahoré, le Boty arrosent la région donnant lieu à de nombreux bas-fonds cultivables. Cette région bénéficie de nombreux atouts non seulement pour la production des vivriers, mais aussi pour les cultures d'exportation et en particulier le binôme café-cacao. De ce fait, la région du Haut-Sassandra est la deuxième zone de production du cacao et la première de café du pays (MINAGRI, 2010). La région se présente comme le deuxième front pionnier de production de ces cultures (Adou, 2012).

4.3.2. Population et activités humaines

La région du Haut-Sassandra dispose d'une population estimée à 1 739 697 habitants (INS, 2021) en majorité rurale. Le peuplement est constitué essentiellement de Bété, de Niamboua, de Zombo et une partie de Niédéboua, de divers allogènes et d'étrangers. En 2014, la population était estimée à 1 430 960 habitants, soit un taux d'augmentation de 18,69 % (RGPH, 2021). La ville de Daloa située dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, dans la région du Haut-Sassandra, bénéficie des conditions naturelles favorables pour un bon développement agricole (MINAGRI, 2010). Aussi, cette région bénéficie-t-elle de nombreux atouts non seulement pour la production du vivrier mais aussi pour la commercialisation des produits du cacaoyer et caféier du pays (Adou, 2012). En effet, les activités économiques dans cette zone sont assez diversifiées. Cependant, l'agriculture occupe la majorité des populations et reste la principale activité génératrice de revenus. En effet, la dynamique agricole est basée essentiellement sur les cultures de rente pérennes (caféier, cacaoyer, hévéa, palmier à huile), les cultures vivrières et les maraîchers. Le système agricole qui était au départ extensif évolue aujourd'hui vers une agriculture beaucoup plus intensive du fait de la raréfaction des terres cultivables (Brou, 2005). L'élevage est une activité secondaire de la région

DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES

Chapitre 5 : Matériel

Le matériel, utilisé dans cette étude est constitué du matériel végétal, du matériel fertilisant, du matériel technique et du matériel informatique.

5.1 Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de graines, de plantules et de plants de trois essences forestières : *Terminalia superba* Engl. & Diels , *Terminalia ivorensis* A Chev., et *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm provenant, respectivement, de la forêt classée de Béki à Abengourou, de la forêt classée de Téné à Oumé et de la forêt classée de Bouaflé-Torss.

Ainsi, par essence forestière :

- 450 graines de chaque essence ont servi à l'étude de la germination ;
- 300 plantules, issues de la germination, âgées de 3 mois, ont été utilisées pour évaluer la croissance des plantules ;
- 50 plants, âgés de 6 mois, ont été repiqués, pour évaluer la régénération racinaire et le taux de reprise végétative.

En outre, des semences de *Solanum lycopersicum* (Solanaceae), de la variété cobra 26 (400 graines) ont permis d'apprécier la maturité des composts (Annexe 1). Cette variété a une croissance déterminée, une très bonne vigueur et une très bonne productivité. Elle est résistante au TYLCV (virus de l'enroulement chlorotique des feuilles de *Solanum lycopersicum*, tolérante au flétrissement bactérien, mais, résistante à la fusariose, au TMV0 et au verticillium.



Figure 7 : Aperçu des semences de *Terminalia ivorensis* (A), de *Gmelina arborea* (B), et *Terminalia superba* (C)

5.2. Matériel fertilisant

Le matériel fertilisant, utilisé, est constitué, principalement, d'un mélange de sciure de bois, issue de broyats de *Pterygota bequaertii* De wild et *Terminalia ivorensis* A Chev, compostés (Figure 8). Le choix de ces essences se justifie par le fait de leur grande disponibilité. En effet, ces espèces sont utilisées, généralement, à grande échelle, dans les reboisements en zone semi-décidu.



Figure 8: Aperçu du broyat de *Pterygota bequaertii* De Wild (Sterculiaceae) et *Terminalia ivorensis*

Divers autres résidus organiques ont été utilisés pour le compostage (Annexe 1). Ces résidus organiques proviennent essentiellement de la ville de Daloa

- la fiente de poulet, récoltée dans la ferme de volaille de l'Université Jean Lorougnon Guédé à Daloa ;
- la bouse de vache, récoltée dans une ferme bovine, dans la ville de Daloa ;
- la cendre de bois, récoltée dans une scierie à Daloa ;
- du miel ;
- la levure boulangère ;
- des feuilles de *Moringa oleifera* Lam (Moringa), récoltées à l'institut Pastoral ;
- la coque de *Theobroma cacao* L. (cacao), récoltée dans un village, en périphérie de la ville de Daloa ;
- la coque de *Coffea* L (café), récoltée dans la ville de Daloa;
- des feuilles de bananier, collectées au sein de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE ;
- du lait de vache récolté dans la ville de Daloa.

5.3. Matériel technique

Le matériel technique est, essentiellement, composé de matériel utilisé, pour la constitution des substrats de croissances, la mise en place de pépinière, l'évaluation de la croissance des plants élevée sur les substrats et l'étude de la régénération racinaire (Figure 9).

La constitution des substrats a nécessité des bâches, sur lesquelles ont été disposés les résidus organiques pour le compostage, d'une pelle pour les tas et le retournement des composts et d'un appareil multi paramètre HACH HQ40d pour la mesure du pH, de l'humidité et de la température des substrats. Un tamis de petite maille a été utilisé pour d'obtenir des échantillons dont la taille des constituants est de 0,5 mm et conditionnés dans les sachets bien étiquetés, puis envoyés au laboratoire pour les analyses.

Concernant la mise en place des pépinières, le matériel utilisé est constitué d'une machette, ayant servi au défrichage de la parcelle et au nettoyage régulier des adventices aux alentours de la pépinière et d'une ombrière, construite à l'aide de bambous, des palmes et des bâches.

Quant à l'étude de la germination et de la croissance des plants en pépinière, en milieu semi contrôlé et en plein champs, le matériel, ayant servi, comprend des sachets en polyéthylènes de pépinière, pour la constitution des différents substrats, un arrosoir, pour l'arrosage, d'une brouette pour le transport des piquets et des étiquettes, pour la délimitation des parcelles élémentaires. Un pied à coulisse, un mètre ruban et une règle ont été utilisés, pour les mesures du diamètre et la hauteur des plants. Des marqueurs indélébiles ont permis de marquer les feuilles et fiches de germination, pour relever les graines germées. Les différentes prises de vues, lors de l'étude, ont été faites à l'aide d'un appareil photographique. Les biomasses fraîches et sèches racinaires ont été mesurées à l'aide d'une balance de précision 0,001 g.



Figure 9: Aperçu de quelques matériels techniques

A : Pieds à coulisse, B : Ruban metre, C : Balance électronique, D : Daba, E : Arrosoir

5.4. Matériel informatique

Pour les traitements et analyses statistiques des données de cette étude, le tableur EXCEL version 2013 a permis de faire la saisi des données collectées et de construire les courbes d'évolution des graphiques. Le logiciel Statistica version 7.1 a été utilisé, pour faire la comparaison et la séparation des moyennes par l'analyse de variance. Il a permis, aussi, de faire les corrélations et l'analyse en composante principale (ACP).

Chapitre 6 : Méthodes d'étude

Les résultats attendus d'une expérimentation dépendent de la méthodologie adoptée. Cette partie rend compte, et détaille la méthodologie appliquée dans cette étude. Elle fait le point complet des méthodes mises en œuvre, pour parvenir aux résultats scientifiques attendus.

6.1 Compostages des sciures de bois

6.1.1. Collecte et conditionnement des déchets agricoles et forestiers

Les déchets agricoles et forestiers, sélectionnés, pour cette étude, ont été collectés dans la ville de Daloa. Les coques de cacao collectées ont été séchées à l'air libre pendant 72 heures et broyées, pour obtenir de petits morceaux de moins de 1 cm de diamètre. Des feuilles sèches de bananier ont été coupées en morceaux à la machette, pour favoriser leur décomposition. D'autres matières organiques (bouses de poulet, bouses de vache, son de riz, coques de café et feuilles fraîches de Moringa) ont été utilisées, immédiatement, après la collecte.

6.1.2. Composantes des substrats de croissance

Cinq différents substrats ont été constitués pour cette étude dont quatre composts et un témoin (Terreau prélevé à UJLoG). Ce sont (Tableau II) :

- substrat (S0) : Terreau (témoin), prélevé sur le site expérimental de UJLoG ;
- substrat (SA) : constitué de sciure de bois (120 kg), de son de riz (70 kg), de lait de vache (1 L), de la levure boulangère (200 g), du miel (0,75 l) et des feuilles de Moringa (5 kg) ;
- substrat (SB) : constitué de sciure de bois (120 kg), de bois carbonisé (100 kg), de fiente de poulet (50 kg), des feuilles sèches de bananier (10 kg) et de coques de café (50kg) ;
- substrat (SC) : constitué de sciure de bois (120 kg), de bouse de vache (10 kg); de fiente de poulet (100 kg), de coques de cacao (10kg), de cendre (100 kg) ;
- Substrat (SD) : constitué de sciure de bois (120 kg), de bouse de vache (50 kg) ; fiente de poulet (50 kg), bois carbonisé (100 kg).

Tableau II : Eléments constitutifs des substrats

Substrats	Elément constitutif											
	Mi	Lev	Sb	Cdre	Fp	Bv	Sr	Cca	Ccaf	Fb	Fm	Tf
S0												*
SA	*		*		*		*				*	
SB			*	*					*	*		
SC			*	*	*	*		*				
SD			*	*	*	*						

Témoin : S0 ; S : substrat ; Mi : miel, LeV : lait de vache, Sb : sciure de bois ; Cdre : Cendre de bois ; Fp : fiente de poulet ; Bv : bouse de vache ; Sr : son de riz ; Cca : coque de cacao ; Ccaf : coque de café ; Fb : feuille de bananier sèche ; Fm : feuille fraîche de Moringa ; Tf : terreau forestier.

6.1.3. Mise en place des intrants pour le compostage

La méthode de compostage, utilisée dans cette étude, est la méthode en andains sous forme anaérobie. L'andainage a été réalisé sur une aire tapissée de bâche noire qui a servi à recouvrir les substrats. Les andains de dimension 1,5 x 1 x 1 m (longueurs x largeurs x hauteurs), soit un volume de 1,5 m³ par tas, ont été réalisés à l'aide d'une pelle. Ils ont été installés dans un endroit ombragé non inondable. Les résidus collectés ont été ajoutés par superposition (Figure 10), selon le compost, afin de stimuler le processus de compostage de la sciure de bois. L'eau y a été ajoutée, afin d'avoir une humidité relative de 50 à 60 %. Ainsi, 4 andains ont été mis en place et chaque andain correspond à un compost.

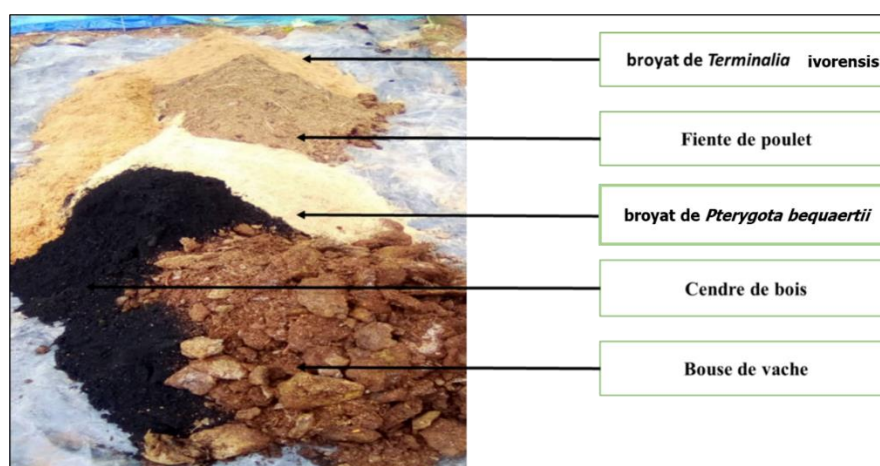


Figure 10 : composition des intrants d'un composts

6.1.3.1. Suivi de l'évolution des composts

Le suivi a consisté aux retournements des composts et des mesures de température, d'humidité, ainsi que de pH. Le compostage s'est déroulé sur une période de 6 mois. Les mesures quotidiennes de la température, de l'humidité et du pH des composts ont été effectuées, de manière continue, en six endroits répartis au niveau de chaque andain. Ces mesures ont permis de déterminer les degrés de retournement qui sont réalisés lorsqu'une augmentation de température de 0,5°C jusqu'au pic est constatée (Figure 11). A partir du pic jusqu'à la constante, un retournement est fait lorsque la température baissait de 0,5°C. Les arrosages ont été effectués de manière modérée pour maintenir le niveau d'humidité du sol entre 50 et 60 %.



Figure 11 : Aperçu d'une séance de préparation de composts

6.1.3.2. Test de maturité des composts

La maturité des composts a été évaluée à l'aide d'un test de germination. A cet effet, des graines de tomate de la variété « cobra » ont été mises en germination dans des pots de semis, rempotées avec des échantillons de quatre composts produit. Les pots ont été placés sous une ombrière et humectés au besoin. L'absence d'effets phytotoxiques a été évaluée après calcul du pourcentage de germination des graines dans les quatre composts. En raison de la rapidité de germination des graines, le test n'a duré que deux semaines, période pendant laquelle il a été possible d'observer l'état général des plants levés.

6.1.3.3. Rendement des composts

Pendant la mise en place des tas, la quantité d'eau ajoutée dans chaque tas a été déterminée sur la base du nombre de bidon de 25 l utilisé. Après la mise en place des tas, des retournements

ont été appliqués sur la base de la température constante entre le retournement précédent et le suivant. En effet, une température constante témoigne de la faible activité des microorganismes efficaces. Ainsi pendant le compostage, le nombre de retournement a été déterminé. A la fin du compostage, la quantité finale des tas a été déterminée en vue de calculer le rapport entre le compost initial et le compost final.

6.1.4. Détermination de la valeur fertilisante des composts

6.1.4.1. Contrôle de la température, de l'humidité et du pH au cours du compostage

La température, l'humidité et le pH des andains ont été suivis, comme, trois variables essentielles de contrôle du processus (Finstein & Morris, 1975). Le suivi de ces trois variables essentielles permet de contrôler et d'ajuster le processus de compostage, afin de produire un compost de haute qualité. Des mesures régulières de la température, de l'humidité et du pH des andains permettent de détecter d'éventuels problèmes et d'apporter les corrections nécessaires, telles que l'ajout d'eau, pour maintenir les conditions optimales de compostage. Cinq mesures (4 aux angles et 1 au centre de l'andain) ont été effectuées chaque semaine, durant les dix semaines de compostage et à chaque retournement, à l'aide de l'appareil multi paramètre (Figure 12).



Figure 12: Aperçu d'une séance de mesure de la température, de l'humidité et du pH

6.1.4.2. Détermination de la valeur fertilisante des composts

La valeur fertilisante des composts a été déterminée à partir des caractéristiques chimiques suivantes : teneur en azote, matière organique, phosphore, potassium, calcium, magnésium, le rapport carbone-azote (C/N), le pH et les éléments traces métalliques (Zn, Cu, Fe). Ces

caractéristiques ont été déterminés sur des échantillons de compost à la fin du compostage (60^{ième} jours de compostage).

Les analyses chimiques des composts ont été réalisées sur des échantillons prélevés de manière aléatoire dans chaque compost, en prenant soin d'éviter les zones présentant des différences visuelles évidentes. Cette disposition est prise pour augmenter la représentativité de l'échantillon, compte tenu de l'hétérogénéité, suite aux différents retournements de la masse de matières organiques. Au total, 4 échantillons ont été constitués. Ils ont été, ensuite, séchés à la température ambiante, pendant 48 h (Figure 13), tamisés avec un tamis de petite maille, afin d'obtenir des échantillons dont la taille des constituants est de 0,5 mm et conditionnés dans les sachets bien étiquetés, puis envoyés au Centre de Recherche Océanique (CRO), à Abidjan pour les analyses.

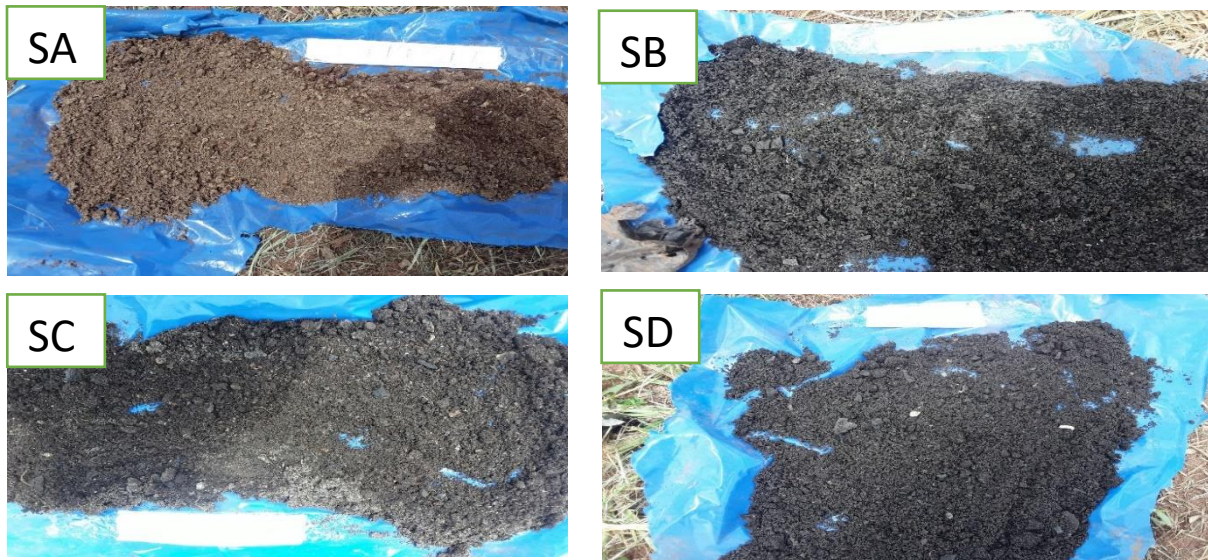


Figure 13: Séchage des quatre composts

SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D

6.1.4.2.1. Teneur en Carbone des composts

La détermination de la teneur en carbone est faite à partir de celle de la teneur de matière organique (MO), suivant la norme relative au dosage de la MO du fumier, selon la méthode de M'Sadak *et al.* (2012). Cette méthode consiste à prélever et à mettre une quantité de 20 g de chaque substrat dans une étuve pendant 24 heures à 70 °C. Dans chaque échantillon, une quantité de 3 g chaque substrats, a été prélevée, séchée et mise dans un four à moufle à 900 °C, pour une durée de 6 heures. La teneur en MO est déterminée, selon l'équation suivante :

$$MO (\%) = ((M1 - M2) / M1) \times 100, \quad (1)$$

Avec :

M1, masse avant calcination (mg) ;

M2, masse après calcination (mg).

À partir de la MO, la teneur du carbone organique total (Cot) est déduite, selon la relation suivante :

$$\text{COT (\%)} = (\text{MO (\%)} / 1,8) \times 100. \quad (2)$$

6.1.4.2.2. Teneur en azote, en phosphore total, en potassium et en éléments traces métalliques

Les échantillons de compost ont été soumis à une minéralisation avec l'acide sulfurique (H_2SO_4) et l'acide salicylique ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$) en présence de peroxyde, selon la méthode de Kjeldhal (Goyal *et al.*, 2005). Pour ce faire, du sélénium (Se), qui est un catalyseur est dissous dans l'acide sulfurique. Pour avoir une solution mixte $\text{H}_2\text{SO}_4\text{Se}$ dans laquelle l'acide salicylique est dissous. 5 ml de la solution du mélange $\text{H}_2\text{SO}_4\text{SeC}_7\text{H}_6\text{O}_3$ est versé dans les tubes à minéralisation de 75 ml contenant chacun 0,5 g de compost. Après agitation, les tubes sont placés dans le bloc à minéralisation.

La température est portée à 100°C, pendant une heure et trente minutes, à 250°C, pendant deux heures, avec ajout de peroxyde dans chaque tube et à 340°C, pendant deux heures quarante minutes. Après minéralisation complète, le volume est complété à 75 ml. L'azote total et le phosphore total sont déterminés directement à l'auto-analyseur.

Le potassium total est déterminé dans le même minéralisât à l'aide du photomètre à flamme.

Les teneurs en éléments métalliques (Zn, Cu et Fe) sont déterminées par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAA), après minéralisation des échantillons à l'eau.

6.1.4.2.3. Teneur en calcium et en magnésium

Le calcium et le magnésium ont été déterminés dans le minéralisât, en utilisant le spectrophotomètre à absorption atomique de marque Perkin Elmer. Pour ce faire, les échantillons de compost, préalablement mis en solution, sont pulvérisés dans une flamme qui provoque le retour à l'état fondamental des atomes présents dans les échantillons.

6.1.4.2.4. Acidité des substrats

L'acidité des substrats a été déterminé à partir des mesures de pH dans une suspension de 5 g de compost dans 45 ml d'eau distillée, agitée pendant une heure. Cela donne un rapport 1/9

6.1.4.2.5. Rapport C/N

Le rapport C/N est le ratio des teneurs en carbone total et en azote total déterminées dans les différents substrats. Pour un compost mature, le rapport C/N varie entre 8 et 15 (Compaoré *et al.*, 2010)

6.1.4.2.6. Détermination de la porosité des substrats

La porosité est déterminée selon le test standard de porosité, 17 semaines après la constitution des andains (Bembli & M'Sadak, 2017), en prélevant des échantillons sur chaque compost mur. Les substrats ont été séchés à 70°C, pendant trois jours, pour éliminer l'humidité. Les trous de drainage des cavités ont été obstrués et remplis avec de l'eau en vue de déterminer le volume des cavités. Trois cavités ont été remplies avec le substrats sec, puis, l'eau a été versée très lentement sur toute la surface des cavités jusqu'à ce que l'eau apparaisse à la surface des cavités. Le but de cette opération est de parvenir à la saturation en eau des substrats. A la fin, les trous de drainage ont été dégagés et l'eau qui s'écoule a été recueilli pendant 10 minutes (Figure 14).



Figure 14: Aperçu d'un test de porosité

✓ Variables mesurées

Volume total (VT) : il s'agit du volume d'eau versé dans les trois cavités.

Volume de la phase gazeuse (VR) : c'est le volume d'eau acquis après dégagement des trous de drainage, le volume d'eau obtenu correspondant au volume de la phase gazeuse.

Volume des pores (VA) : il représente la différence entre le volume d'eau versé dans les trois cavités (air et eau) et le volume d'eau acquis après dégagement des trous de drainage.

✓ Paramètres étudiés

Le test standard de porosité utilisé a permis de déterminer les trois types de porosité à l'aide des formules ci-après (Bembli & M'Sadak, 2017), afin, d'évaluer l'espace disponible dans le conteneur d'élevage pour l'air, l'eau et la croissance des racines.

- Porosité totale (Pt) $Pt (\%) = (VA/VT) \times 100$ (3)
- Porosité d'aération (Pa) $Pa (\%) = (VR/VT) \times 100$ (4)

$$Pr (\%) = Pt - Pa.$$

- Porosité de rétention (Pr) (5)

Les normes d'appréciation de porosités retenues comme base pour la comparaison entre substrats, sont les suivantes : $P_t \geq 50 \%$, $P_a \geq 20 \%$ et $P_r \geq 30 \%$ (Bembli & M'Sadak, 2017).

6.1.4.2.7. Détermination des classes d'agrégats des composts

Après maturation, lorsque la température est stabilisée au bout de 3 mois et demi (105 jours), les différents composts ont été prélevés et séchés à l'air libre durant deux semaines sur des bâches noires. La distribution des agrégats constitutifs des composts a été déterminée à l'aide de la méthode de tamisage du compost sec ou « dry-sieving method » de Loranger-Merciris *et al.*, 2008). Des échantillons de composts secs de 200 g sont passés sur une colonne de 3 tamis. Les diamètres des mailles sont décroissants : 10 mm, 5 mm et 2 mm. La masse de chaque fraction a été notée et ramenée en pourcentage de la masse totale.

6.2. Essai de culture en pépinière de *Terminalia superba* Engl. & Diels, *Terminalia ivorensis* A Chev., et *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm avec les composts constitués

6.2.1. Mise en place d'une pépinière

6.2.1.1. Construction d'une l'ombrière

Nous avons construit une ombrière d'une superficie de 80 mètres carrés (10 mètres de long et 8 mètres de large) pour abriter la pépinière. Comme la marquise d'ombrage communément recommandée en pépinière, elle mesure 2 m de haut, et présente une pente douce des deux côtés, pour faciliter l'évacuation des eaux de pluie. Il a ensuite, été recouvert de feuilles de palmier, pour refléter davantage la lumière du soleil. Au premier stade de développement, les jeunes plants ont besoin d'un ombrage relativement profond avec seulement 25-50° de lumière totale, pour une croissance optimale, afin de refléter au mieux les conditions d'ensoleillement du sous-bois (Corbineau & Côme, 1993). Pour protéger les plants des animaux domestiques et améliorer l'ombre à l'intérieur de la serre, des feuilles de palmier sont également placées autour de la serre. Le sol est recouvert d'une bâche pour éviter tout contact entre le substrat et le sol.

6.2.1.2. Remplissage des sachets en polyéthylènes

Ce travail a consisté, initialement, à remplir nos sachets en polyéthylènes (Figure 15A) de 22 cm de long et 10 cm de large soit un volume de 1727,87 cm³ de substrats à l'aide d'un transplantoir. Ensuite, le fond des sachets en polyéthylènes a été perforés afin d'en faciliter l'évacuation de l'eau en cas d'excès lors de l'arrosage. Enfin, le travail de remplissage des sachets en polyéthylènes a été réalisé manuellement. Le flux de travail consiste à :

- remplir à moitié, puis secouer pour compacter ;

- remplir complètement le vide et comprimer légèrement avec les doigts, notamment, les coins du sachets en polyéthylène ;
- agiter une dernière fois et retirer l'excédent de matière à la main ;
- assurer que la compression est suffisante et uniforme ;
- empiler les sachets en polyéthylène, pour éviter le surpeuplement ;
- effectuer un test de chute sur le sol d'un sachets polyéthylène d'une hauteur d'environ 40 cm, pour évaluer le compactage (un compactage complet entraînera un léger affaissement de 1 cm).

Le compactage du sous-sol, lors du remblayage, est un facteur très important. En effet, une faible densité de substrat a un effet négatif sur le développement des racines des plantes. La compression doit être normale et uniforme. Le défaut le plus courant concerne les cavités mal comprimées dans les coins du conteneur (Corbineau & Côme, 1993). Les sachets de polyéthylènes ont été remplis en laissant 1 à 2 cm de hauteur libre (Figure 14B).

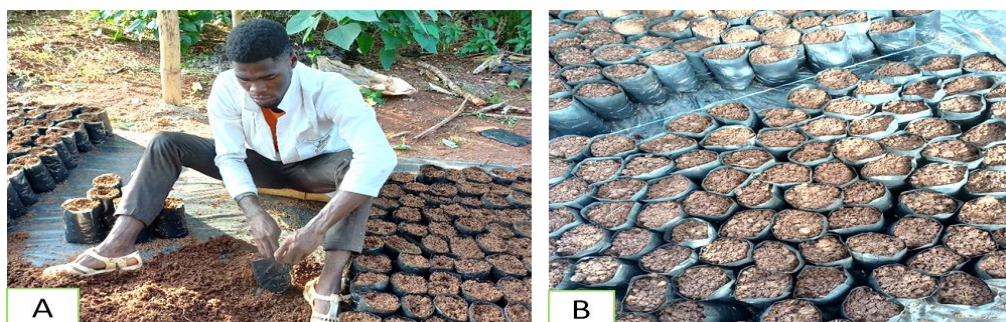


Figure 15 : Aperçu d'une séance de remplissage des sachets en polyéthylènes et de la constitution des lots

A : remplissage des sachets en polyéthylènes B : disposition des lots de sachets en polyéthylènes

6.2.1.3. Dispositif expérimental

L'essai a été conduit selon un dispositif en blocs complets randomisés, à trois répétitions (Figure 16) et à deux facteurs (substrats et espèces). Chaque bloc comporte 15 traitements qui sont les combinaisons de 3 espèces forestières et de 5 substrats. Chaque traitement correspond à une parcelle élémentaire qui contient 30 sachets pour l'essence forestière considérée. Les blocs sont longs de 10 m et large de 1 m chacun et sont séparés de 1 m l'un de l'autre. Chaque bloc comprend 450 sachets, soit un total de 1350 sachets, pour tout l'essai (Annexe 3). 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 (Annexe 3).

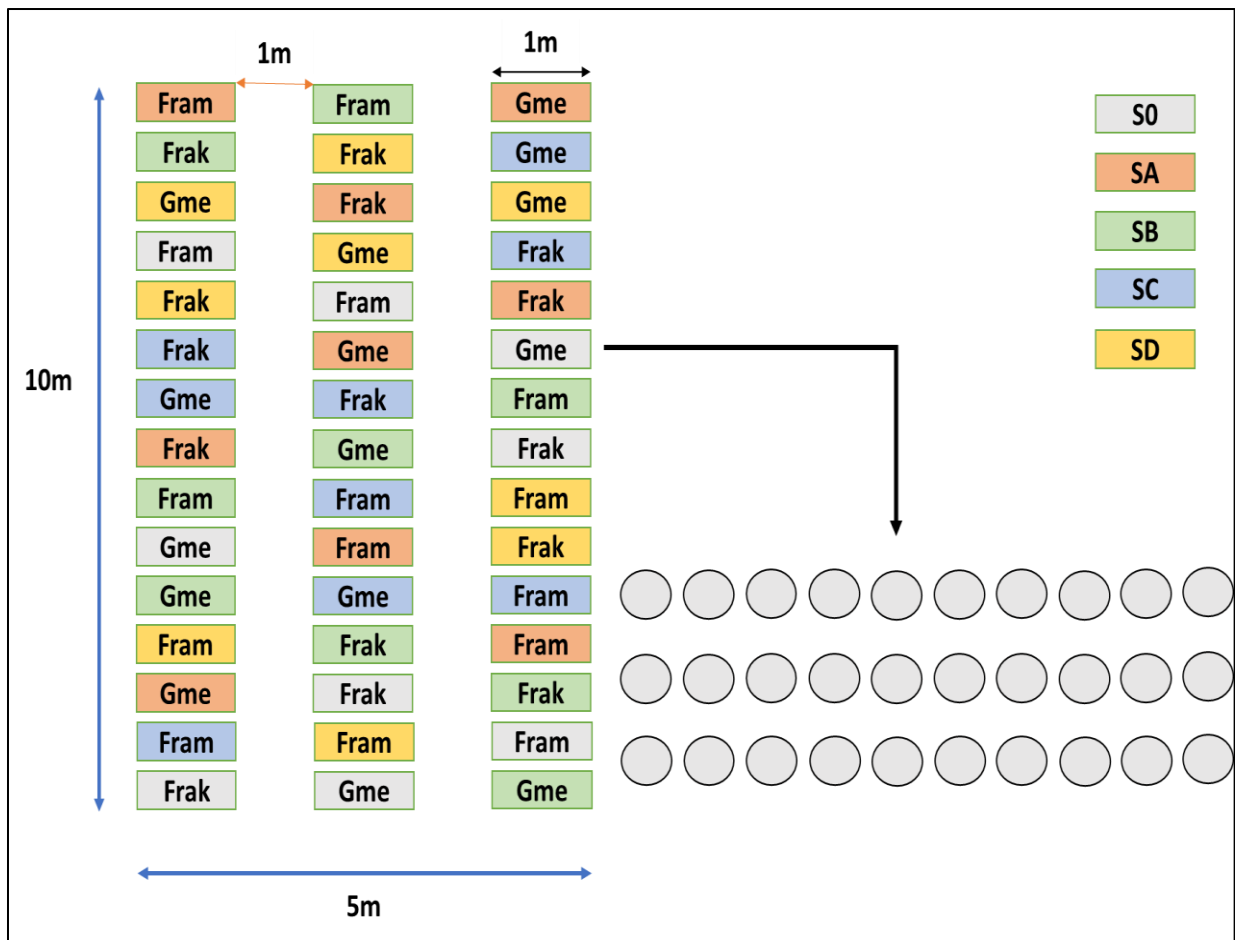


Figure 16 : Configuration du dispositif expérimental

Fram : *Terminalia ivorensis* A Chev, *Frak* : *Terminalia superba*, *Gm* : *Gmelina arborea*
S0 : substrats témoins *SA* : substrat SA, *SB* : substrats SB, *SC* : substrats SC, *SD* : substrats SD

6.2.1.4. Traitement des semences des espèces forestières

La préparation des semences de *Terminalia superba* et de *Terminalia ivorensis* a consisté à enlever les ailes qui se trouvent de part et d'autre de la graine, avant la mise en terre (Figure 17 et Figure 18).



Figure 17 : Graines de *Terminalia superba* sans aile (A) et avec aile (B)



Figure 18 : Graines de *Terminalia ivorensis* sans aile (A) et avec aile (B)

Les graines de *Terminalia superba* et de *Terminalia ivorensis* ont une coque très épaisse. Ainsi, pour lever la dormance, elles ont, été trempées dans de l'eau pendant 24h (Figure 19). Elles ont été retirées et mises à l'air libre pendant une demi-journée et enfin, elles ont été retrempées dans l'eau pendant 24h.



Figure 19: Graines de *Terminalia superba* et *Terminalia ivorensis* trempées dans de l'eau

Quant à la préparation des graines de *Gmelina arborea*, elle a consisté à enlever la pulpe autour de la graine avant la mise en terre (Figure 20). Pour lever la dormance, les graines de *Gmelina arborea* ont subi, les mêmes traitements que celles de *Terminalia ivorensis* et *T. superba*



Figure 20: Aperçu des graines de *Gmelina arborea* avec pulpe (A) et sans pulpe (B)

6.2.1.5. Opération de semis des semences

Le semis direct des graines, à raison d'une graine par sachet en polyéthylène, a été réalisé tôt le matin avant le lever du soleil, pour conserver l'humidité dans le sachet en polyéthylène. A cet effet, 450 graines de chaque espèce ont été semées en pépinière. L'irrigation à l'aide d'un arrosoir a été réalisée la veille avant et après le semis, pour assurer de bonnes conditions de germination des graines. Pour faciliter la sortie des plants du sol, un trou de 2 à 3 cm a été réalisé dans les substrats, dans le sac en polyéthylène avant de placer les graines en position épicotylés (mode de semis qui consiste à mettre en terre la graine avec la partie cotylédonaire dirigée vers le haut), puis elles sont recouvertes d'une fine couche de substrat (Figure 21).



Figure 21: Processus de semis

A : Binage ; B : Ouverture d'une fente ; C : Positionnement de la graine

6.2.1.6. Suivi de la pépinière

Sur le terrain, trois types d'opérations d'entretien ont été réalisés sur place.

- l'irrigation qui a consisté à apporter de l'eau aux plantes à l'aide d'un arrosoir. Chaque groupe a reçu 3,3 litres d'eau chaque jour, soit 0,33 litre par plante.
- le désherbage qui a consisté à éliminer les plantes adventices qui concurrencent les cultures pour l'eau et les sels minéraux. Il a été effectué régulièrement, pour favoriser le développement des plantes.
- le binage qui a consisté à remuer, briser et écraser des mottes de terre. Cela a été fait progressivement dans chaque bande, pour favoriser la pénétration de l'air et de l'eau.

6.2.2. Paramètres mesurés en pépinière

6.2.2.1. Paramètres de germination

Les données ont été collectées à travers une fiche (Annexe 5) et les paramètres évalués ont porté sur :

- le temps d'attente ou de latence qui est le temps (en jours) nécessaire pour que la première graine germe dans un ensemble de lot (nombre de jours nécessaire à la première germination) ;
- le délai de germination qui est le temps (en jours), entre le semis et la germination de chaque graine dans un ensemble de lot (nombre de jours nécessaire à la germination de chaque graine semée);
- le temps de demi germination qui est le temps moyen (en jour) s'écoulant jusqu'à ce que 50% des graines germent dans un ensemble de lot ;
- la durée ou étalement de la germination qui est le temps (en jours), entre la première et la dernière germination d'un ensemble de lot, pendant la durée de l'expérience ;
- le taux de germination qui est la proportion de graines germées par rapport au nombre total de graines semées, à la fin de la durée de l'expérience. Il est exprimé en pourcentage ;
- la dynamique ou vitesse de germination qui est le nombre cumulé de graine ayant germé quotidiennement durant tout l'étalement de la germination d'un ensemble de lot.

Les données collectées ont permis de calculer les paramètres suivants :

- durée d'attente de germination ou temps de latence (en jours) c'est dire la durée entre le semis et la première germination.

$$\text{Temps de latence (Jours)} = \text{Date de la 1}^{\text{ère}} \text{ germination} - \text{Date de semis} \quad (6)$$

- la durée de germination (en jours) : durée entre la première et la dernière germination

$$\text{Durée de germination (jours)} = \text{Date de la dernière germination} - \text{Date de la première germination} \quad (7)$$

- le taux de levé (%) est rapport entre le nombre de plants levés et le nombre total de semis. Il en ressort la formule ci-dessous

$$Tl(\%) = \frac{\text{Nombre de plants levés} \times 100}{\text{Nombre total de semis}} \quad (8)$$

Avec :

Tl : Taux de levé

6.2.2.2. Paramètre de croissance des plants

Les paramètres de croissance des semis comprenaient le diamètre au collet du plant, le nombre de feuilles, la longueur et la largeur de la troisième feuille et la hauteur de la plante, à consignés dans une fiche d'enregistrement (annexe 4). Le diamètre au collet a été mesuré avec un pied à coulisse tandis que la hauteur des plants, la largeur et la longueur de la troisième feuille ont été mesurées l'aide d'une règle graduée de 30 cm. Sur un total de 30 plantes par traitement, 20 ont été choisies pour les mesures par expérience. Les mesures ont été effectuées sur un total de 900 plants.

6.2.2.2.1. Hauteur moyenne des plants et nombre de feuilles

La hauteur moyenne des plants et le nombre moyen de feuilles ont été mesurés toutes les deux semaines (de la 5ème semaine à la 15ème semaine après le semis. La hauteur de la plante a été mesurée de la couronne jusqu'au bourgeon supérieur à l'aide d'une règle de 30 cm. Les feuilles à prendre en compte sont celles dont les parties, telles que le limbe, le pétiole, ainsi que les nervures principales et accessoires, sont bien développées et différenciées, afin d'éviter d'endommager la feuille lors des mesures.

. Elles ont été comptées de la base de la plante (premières feuilles apparues), jusqu'au niveau de l'apex (dernières feuilles apparues).

6.2.2.2.2. Diamètre de la tige

Le diamètre des tiges a été mesuré de la 4^{ème} à la 10^{ème} semaine après le semis sur les mêmes plants. Les mesures du diamètre de la tige principale ont été effectuées à l'aide d'un pied à coulisse. Une mesure a été faite au niveau du collet de la tige (Dm1) et une autre mesure prise sous la dernière feuille apparue (Dm2). La moyenne entre ces deux mesures a été déterminée (Figure 22).



Figure 22 : Mesure du diamètre au collet de la plante

6.2.2.2.3. Surface foliaire

Elle a été obtenue à partir des mesures de la longueur et de la largeur des troisièmes feuilles à l'aide d'une règle graduée. La mesure des longueurs a été faite de la base du limbe à l'apex. La largeur, quant à elle, a été mesurée suivant la médiane des limbes des feuilles.

6.2.2.2.4. Biomasse racinaire

Un échantillon de 75 plants au total, à raison de 5 plants par traitement et par bloc, a été arraché à la fin de l'expérimentation pour analyse. Les observations recueillies concernent :

- le pesage des biomasses fraîches et sèches de la tige et des racines à l'aide d'une balance ;
- la description du système racinaire ;

Il a été, également, noté, l'importance des plants ayant développé plus d'une tige (plants à tiges multiples). Ces plants n'ont pas été concernés par les mesures décrites ci-dessus.

6.2.2.2.5. Ratio de robustesse des plantes

Le rapport de robustesse permet de trouver des plantes ayant la forme idéale en termes de hauteur, de diamètre et de bonne solidité, en fonction du stade de développement de la plante. Ceci a été déterminé en faisant le rapport hauteur/diamètre du collet de la plante.

$$\text{Ratio de robustesse (cm/mm)} = \text{Hauteur (cm)}/\text{Diamètre au collet (mm)} \quad (10)$$

6.2.2.2.6. Rapport biomasse tige /biomasse racine

Le rapport biomasse tige / biomasse racine est une mesure utilisée en écologie, pour déterminer l'allocation des ressources dans une plante ou un écosystème. Il représente la proportion de biomasse allouée aux parties aériennes (tiges, feuilles, fleurs) par rapport aux parties souterraines (racines). Une grande biomasse racinaire peut indiquer une forte activité souterraine, tandis qu'une grande biomasse aérienne peut indiquer une grande photosynthèse et un potentiel accru pour la séquestration du carbone. Pour cela, il a été déterminé, d'abord, le poids frais et poids sec de la partie aérienne, ensuite, le poids frais et le poids sec de la partie racinaire, enfin les rapports entre ces valeurs ont été calculés.

$$\text{Ratio MSA/MSR} = \text{Matière sèche aérienne(g)}/\text{Matière sèche racinaire(g)} \quad (11)$$

$$\text{Ratio MFA/MFR} = \text{Matière fraîche aérienne(g)}/\text{Matière fraîche(g)} \quad (12)$$

6.3. Etude de la capacité de régénération racinaire et de la reprise après transplantation

6.3.1. Essai de régénération racinaire en milieu semi-contrôlé

En vue de l'évaluation de la capacité de régénération racinaire des plants mise en culture dans les cinq substrats, des plants de chaque substrat ont été choisis et repiqués aléatoirement avec leur motte dans des sachets plus volumineux, rempli avec de la terre. Deux mois après repiquage, les racines de tous les plants ont été soigneusement débarrassées de la terre et délicatement lavées, afin de ne pas abîmer les racines, nouvellement formées. Ce processus a permis d'observer l'état des racines et de vérifier leur développement. Il est, également, important d'éviter d'introduire des parasites ou des maladies dans le sol, lors de la transplantation des plants.

6.3.1.1. Dispositif expérimental

Des sachets noirs en polyéthylène, de 4000 cm³, ont été remplis de terre et installés sous une ombrière. Ces sachets ont été disposés en trois blocs, correspondant à chaque espèce végétale. Chaque bloc est constitué de cinq (5) sous blocs (Figure 23). Chaque sous-bloc représente chacun des cinq (5) types de substrats et contient 10 sachets, soit un total de 50 plants et par bloc pour un cumul de 150 plants utilisés pour réaliser l'expérience.

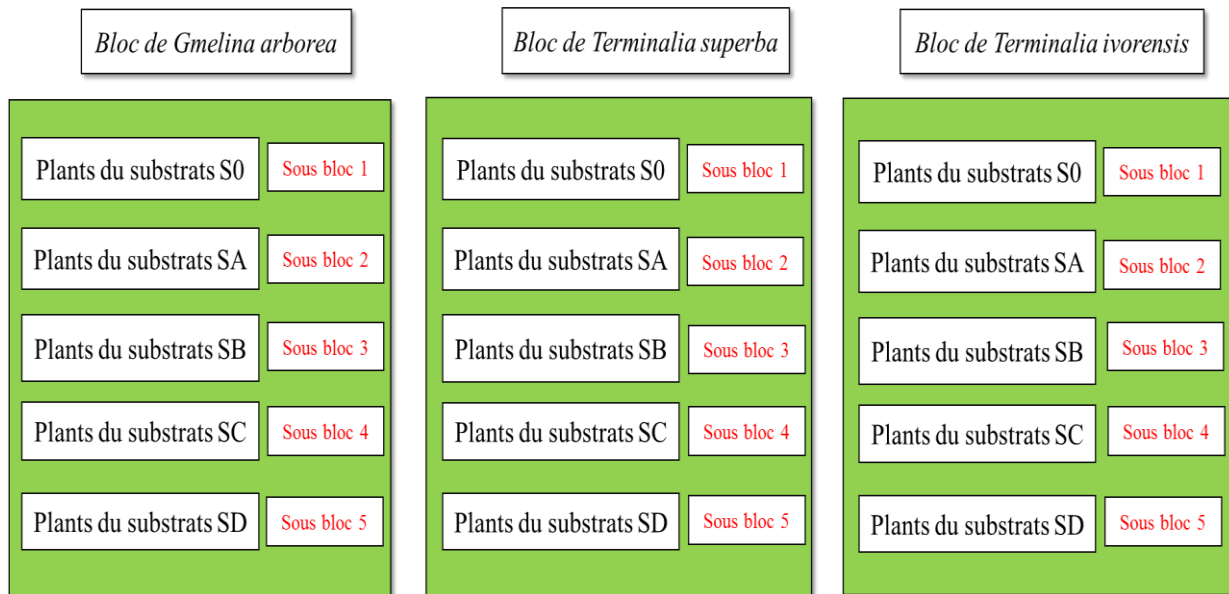


Figure 23: Configuration du dispositif expérimental d'essais de régénération racinaire en milieu semi-contrôlé

6.3.1.2. Repiquage des plants en pépinière

Après disposition des sachets, 10 plants âgés de 6 mois, issus de chaque substrat, ont été prélevés à la main, au hasard dans la pépinière et repiqués, avec leur motte dans les sachets plus volumineux de 4000 cm³, à une profondeur de 15 cm. Les plants prélevés ont été repiqués dans des creux de la dimension des sachets, issus de la pépinière. Un arrosage quotidien et un désherbage manuel ont été réalisés. L'expérimentation s'est étalée sur une durée de 2 mois.

6.3.1.3. Paramètres évalués

La capacité de régénération racinaire a été évaluée en déterminant le nombre, la longueur et la biomasse des nouvelles racines formées à l'extérieur de la motte initiale.

✓ Nombre de racines

Le nombre de racine a été déterminé en comptant les racines néoformées au niveau des 10 plants par substrats, en dehors de la motte et une moyenne a été calculée pour les trois espèces cibles.

✓ Longueur des racines

La longueur des racines des plants a été mesurée de leur point d'insertion jusqu'à leur extrémité à l'aide d'une règle graduée de 40 cm.

✓ **La biomasse racinaire**

Les racines ont été séchées à l'étuve à 60 °C, pendant 72 heures, puis pesées, afin d'obtenir la biomasse sèche racinaire. Avant les pesées, les organes ont été conservés dans du gel de silice. Les biomasses sèches ont été pesées à l'aide d'une balance de précision 0,001 g

6.3.2. Essai en plein champs

L'objectif de cet essai était de vérifier si les plantes se développeraient de la même manière en plein champ que lorsqu'elles étaient cultivées en pépinière. Pour cela, nous avons sélectionné aléatoirement pour différentes espèces, 30 plants âgés de six mois que nous avons cultivés en pépinière, au niveau de chaque substrat. Nous avons transplanté ces plantes dans la parcelle expérimentale. Dans ce dispositif, 150 plants ont été répartis en blocs aléatoires complets, ce qui signifie que chaque bloc contient un échantillon représentatif de tous les traitements. Chaque bloc a été répété trois fois, ce qui donne un total de trois blocs. Hormis deux irrigations pendant la saison sèche, les plantes n'ont pas été fertilisées, ni entretenues. La reprise des plants pour chaque substrat a été évaluée 6 mois après le repiquage, en soustrayant le nombre de plantes mortes du total des plants initialement mise en terre. Le taux de reprise déterminé est utilisé pour des tests de corrélation avec le diamètre au collet et le rapport hauteur/diamètre (robustesse) des plantes lors de la plantation, d'une part, et avec la capacité de régénération racinaire mesurée en pépinière, d'autre part.

6.3.2.1. Préparation du terrain

La préparation du terrain a consisté à délimiter, puis à désherber la parcelle expérimentale et à matérialiser les emplacements des plants avec des piquets. L'écartement utilisé, pour la plantation, a été de 2,5 m x 2 m (Figure 24). Des trous de 40 cm de profondeur ont été creusés, pour donner aux plants une bonne prospection des éléments nutritifs du sol et de l'eau.

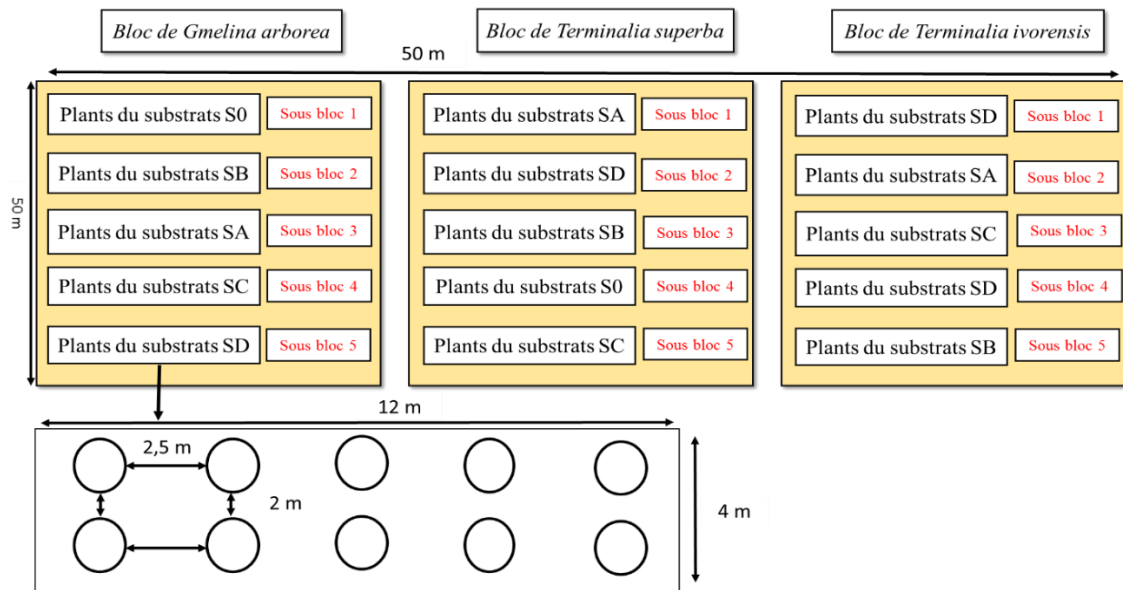


Figure 24: Configuration du dispositif expérimental en plein champ

6.3.2.2. Paramètres évalués

6.3.2.2.1. Taux de reprise après transplantation

6 mois après transplantation, la reprise des plants des différentes espèces, pour chaque substrat, a été calculée en utilisant la formule suivante :

$$\text{Reprise des plants} = \frac{(\text{Nombre total de plants mis en terre} - \text{Nombre de plants morts})}{\text{Nombre total de plants mis en terre}} \times 100 (\%) \quad (13)$$

II.3.3.2.2.2. Hauteur des plants

La hauteur des plants a été mesurée du collet jusqu'au bourgeon apical de la plante à l'aide d'un mètre ruban.

II.3.3.2.2.3. Diamètre des plants

Les mesures du diamètre de la tige principale ont été effectuées à l'aide d'un pied à coulisse. Les mesures ont été effectuées au niveau du collet de la tige (Dm1) et en dessous de la dernière feuille apparue (Dm2). Nous avons fait la moyenne entre ces deux mesures.

$$D = (Dm1 + Dm2) / 2$$

$$(14)$$

6.4. Traitements et analyses statistiques des données

Les données collectées ont été saisies à l'aide du tableur EXCEL 2013, qui a permis de construire des courbes d'évolution et des graphiques par facteur en fonction du temps. Ces courbes et graphiques ont permis de comparer les différents traitements dans le temps.

Sur les substrats des analyses physico-chimiques des substrats, des derniers suivis de germination et de croissance et la capacité de régénération racinaire, nous avons réalisé des analyses de variance (Anova) et des comparaisons de moyennes par le test de Duncan. Les différences ont été considérées significatives, au seuil de 5 % (moyennes suivies de lettres différentes). Ainsi, lorsque *P-value* est inférieur à 0,05, la différence est dite significative. Si *P-value* est inférieure à 0,01, cette différence est dite hautement significative et lorsque *P-value* est inférieure à 0,001 : elle est dite très hautement significative.

La relation entre les paramètres de croissance des plantes cibles et les paramètres chimiques des substrats seront analysées par la corrélation produit-moment de Pearson.

Les Analyses en Composantes Principales (ACP) ont été réalisées avec les variables chimiques afin de déterminer les types de composts qui révèlent les meilleures caractéristiques chimiques.

La signification des ACP a été testée à l'aide du test de Monté Carlo à l'issue de 1000 randomisations. Toutes Ces analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistica version 7.1

TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Chapitre 7 : Caractérisation des différents paramètres des composts produits

7.1. Evolution des paramètres bioclimatiques durant le compostage des substrats

7.1.1. Évolution de la température

L'évolution de la température (T°) des composts SA, SB, SC et SD, en fonction du temps, au cours du compostage est présentée par la figure 25. Elle montre deux tendances majeures de la température au niveau des tas de compost. Une phase de croissance, caractérisées par une hausse de la température, de 18,46 à 46,66 °C pour le compost SA, de 18 à 39,83 °C pour le compost SB, de 20,48 à 42,66 °C pour le compost SC et de 19,96 à 39,83 °C pour le compost SD. Une phase décroissante, caractérisées par une baisse continue de la température de 46,66 à 21,8 °C pour le compost SA, de 39,83 à 21,11 °C pour le compost SB, de 42,66 à 22,5 °C pour le compost SC et de 39,83 à 22,4 °C pour le compost SD. La première phase s'est déroulée pendant trois (3) semaines pour le compost SA, quatre (4) semaine pour le compost SB et cinq (5) semaines pour les composts SC et SD. Lors du compostage, seule le compost SA a atteint le stade thermophile ($T^{\circ} > 45^{\circ}\text{C}$) à la 3^e semaine, après sa mise en place. La température, qui, initialement oscillait entre 18 et 20,48 °C au premier jour du compostage pour tous les composts, a augmenté pour atteindre une valeur maximale de 46,66 °C à la troisième semaine avec le compost SA. Les températures, dans les composts SB et SD, ont atteint, respectivement, les valeurs maximales de 39,83 °C et 39,98°C, à la quatrième semaine. Quant au compost SC, la valeur maximale (42,66°C) est obtenue à la cinquième semaine. Au cours de la phase de décroissance, la température a baissé pour atteindre, à la 8^e semaine, 22,5°C avec SB, 23°C avec SA et SC et 23,3°C avec SD.

7.1.1.2. Évolution de l'humidité

L'évolution de l'humidité, au cours du compostage, des différents composts du premier jour est présentée la figure 26. Au niveau du substrat SA, l'humidité, qui était de 55,2 % au premier jour, a augmenté progressivement pour atteindre une valeur maximale de 57,5 % à la quatrième semaine de compostage. Cette valeur amorce une descente à partir de cette date (semaine 4) pour atteindre un taux moyen de 48,1 % la 8^{ième} semaine de compostage. Au niveau du compost SB, l'humidité, qui était de 54 % au premier jour, a augmenté progressivement pour atteindre une valeur maximale de 54,8 % à la sixième semaine de compostage. Elle a diminué de 54,8 % à la sixième semaine à 52 % à la 8^{ième} semaine. Dans le compost SC, l'humidité a augmenté progressivement de 54 % à 55,6 % du premier au 60^{ième} jour de compostage. Cette valeur a diminué jusqu' à la 8^{ième} semaine (53,9 %).

Pour ce qui concerne le compost SD, la figure 25D montre un accroissement de l'humidité du premier jour (54,66 %) à la cinquième semaine (55,7. %). Cette valeur amorce une descente à partir de cette date (semaine 4) pour atteindre un taux moyen de 54,3 % à la 8^{ème} semaine de compostage.

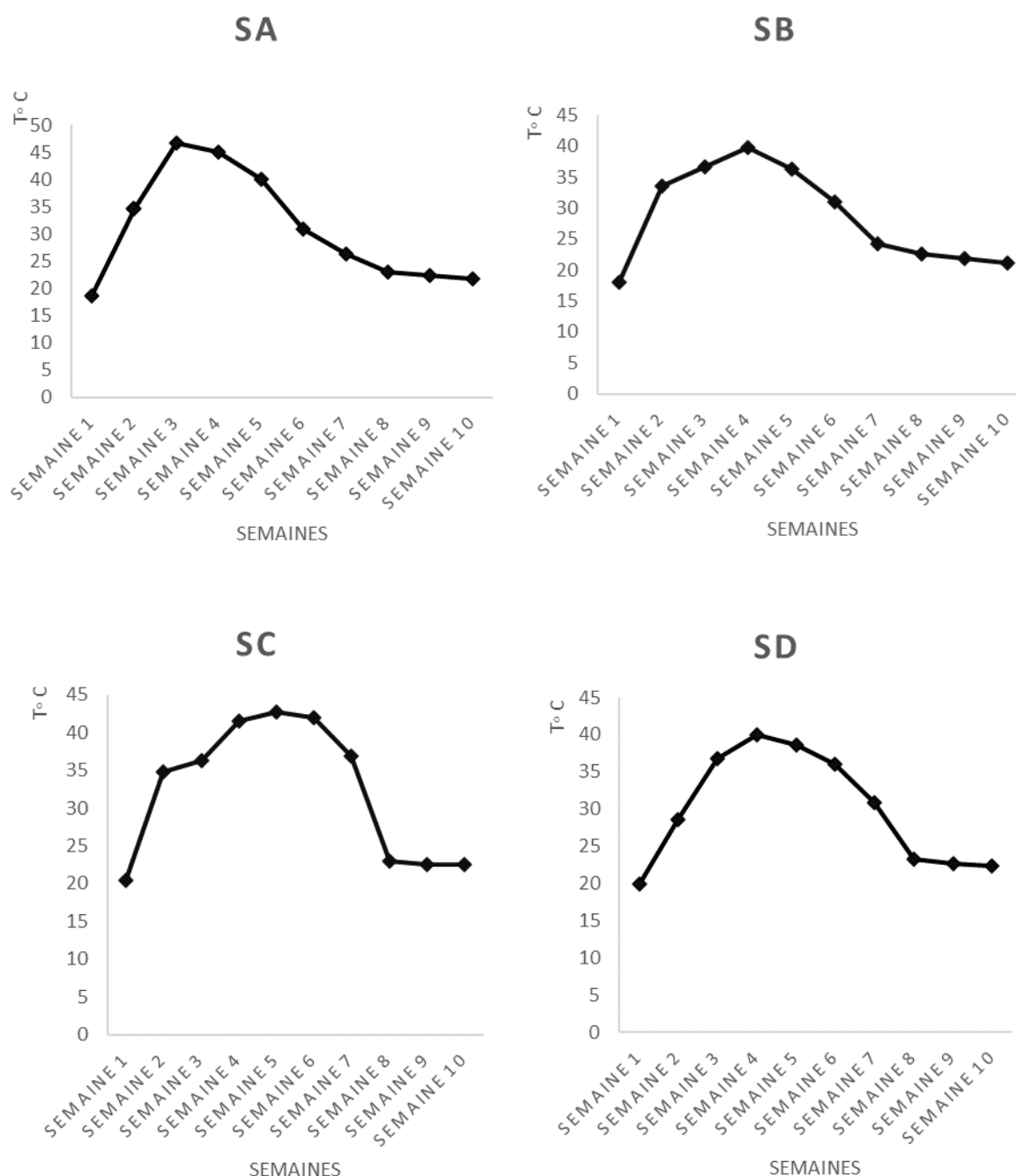


Figure 25: Évolution de la température au cours du compostage

SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D. T : Température

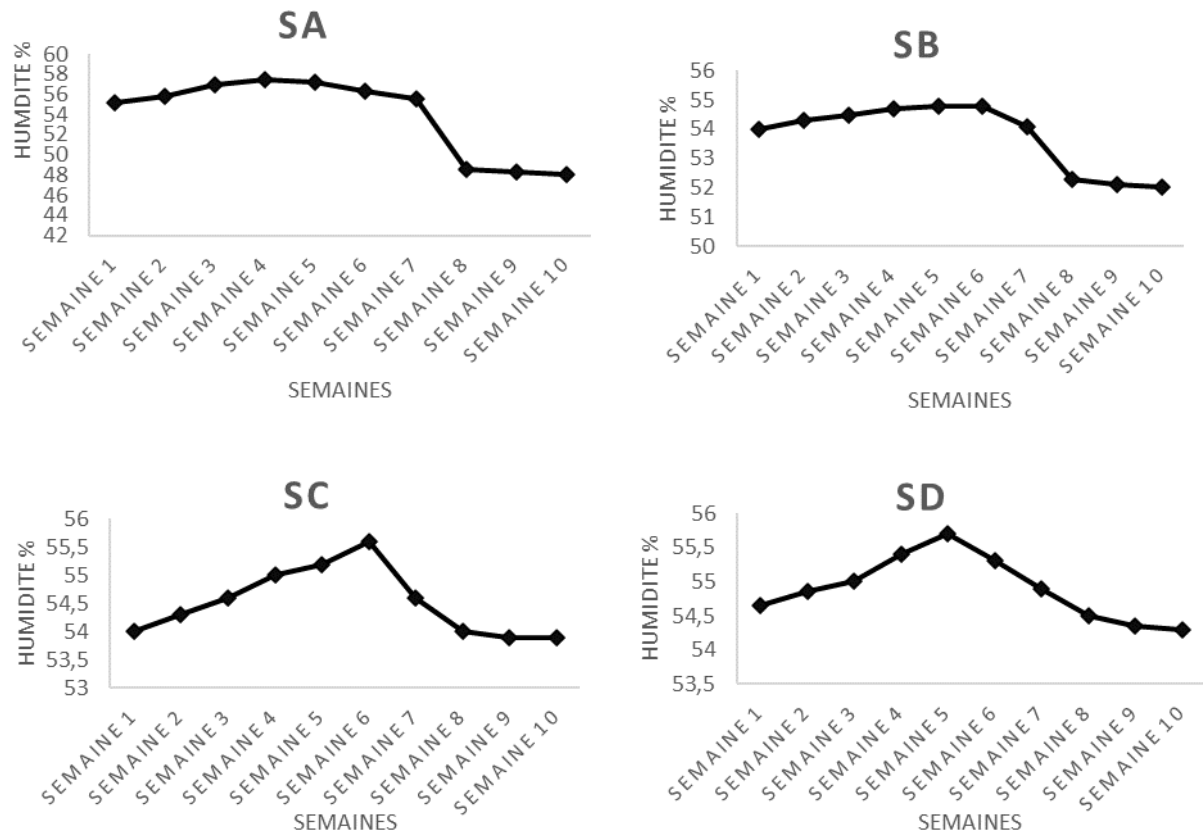


Figure 26: Courbe d'évolution de l'humidité au cours du compostage

SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

7.1.1.3. Évolution du pH

La figure 27 présente l'évolution du pH des composts de la première semaine à la dixième semaine de compostage. On note au niveau des 4 composts, deux phases de l'évolution du pH : une phase descendante suivie d'une phase ascendante. Au niveau des composts SA et SB, la phase ascendante s'est amorcée à partir de la deuxième semaine de compostage, tandis que, avec les composts SC et SD, elle s'est amorcée à partir de la troisième semaine. Le pH du compost SA, initialement proche de la neutralité (6,43), au premier jour du compostage a diminué brusquement à la deuxième semaine pour atteindre 5,32. A cette date, le pH, qui était légèrement acide, a augmenté progressivement, pour atteindre un pH légèrement basique (7,58), à la dixième semaine de compostage. Au niveau compost SB et SC, le pH est passé respectivement, de 6,87 à 5,78 et de 6,82 à 5,75 de la première prise de mesure (semaine 1) à la deuxième prise de mesure (semaine 2). Puis, on observe une augmentation progressive jusqu'à la dixième semaine, soit 7,59, pour le compost SB et 7,38, pour le compost SC. Quant au compost SD, le pH, qui était de 6,52 à la première prise de donnée, a baissé progressivement

les 2 semaines suivantes, pour atteindre 5,62. Puis, il a connu une croissance exponentielle jusqu'à la 9^{ème} semaine (7,33).

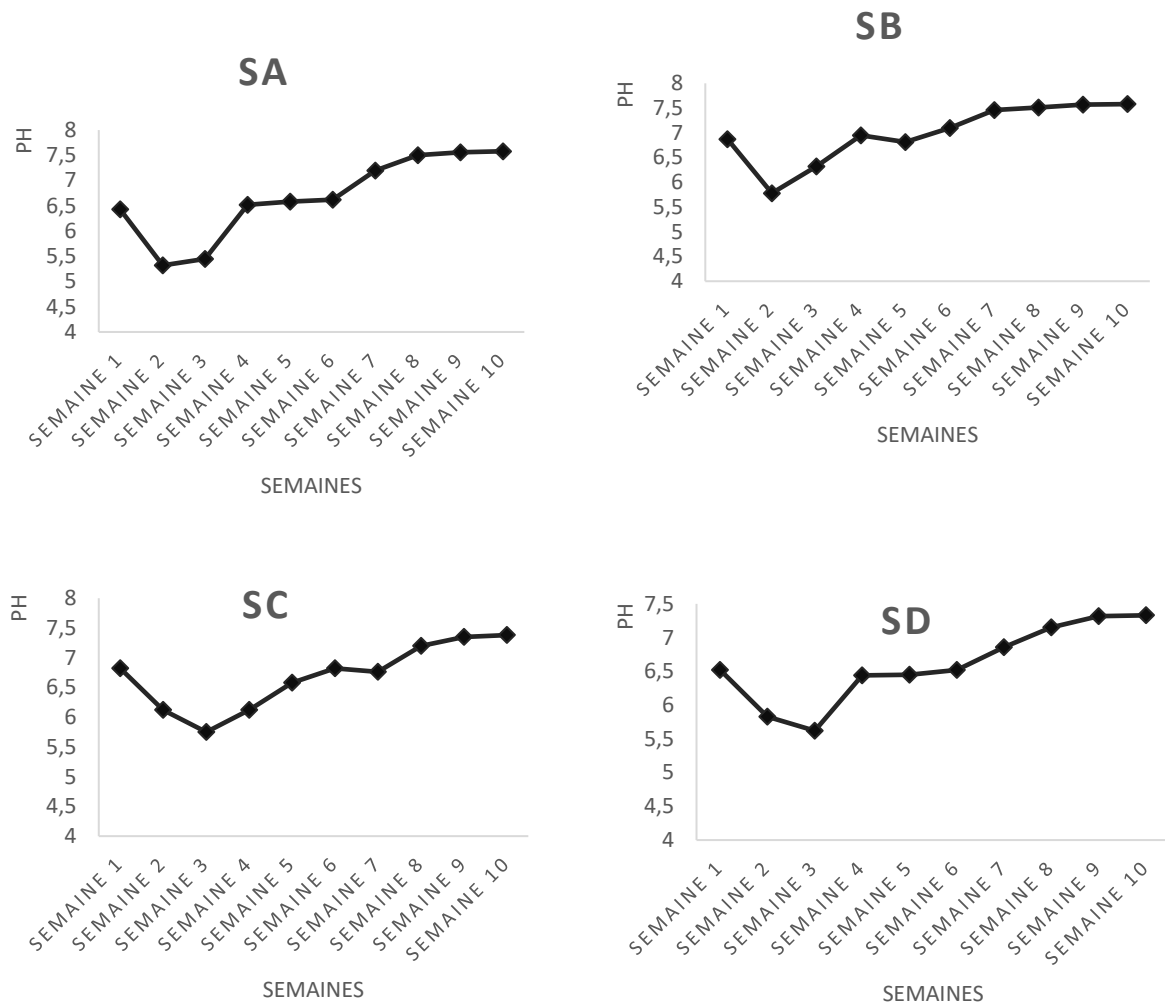


Figure 27: Courbe d'évolution du pH au cours du compostage

SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D

7.2. Maturité des composts

Les résultats relatifs à la maturité des composts par le test de germination des semences de Tomate de la variété cobra 26 est présenté par la figure 28. Pour tous les composts évalués, on a observé un taux de germination de 100 % des semences semées sur ces quatre composts. Ainsi, au terme de ces 6 mois de compostage, on note l'atténuation totale de l'effet phytotoxiques des sciures de bois et des éléments constitutifs des composts durant la période de compostage.

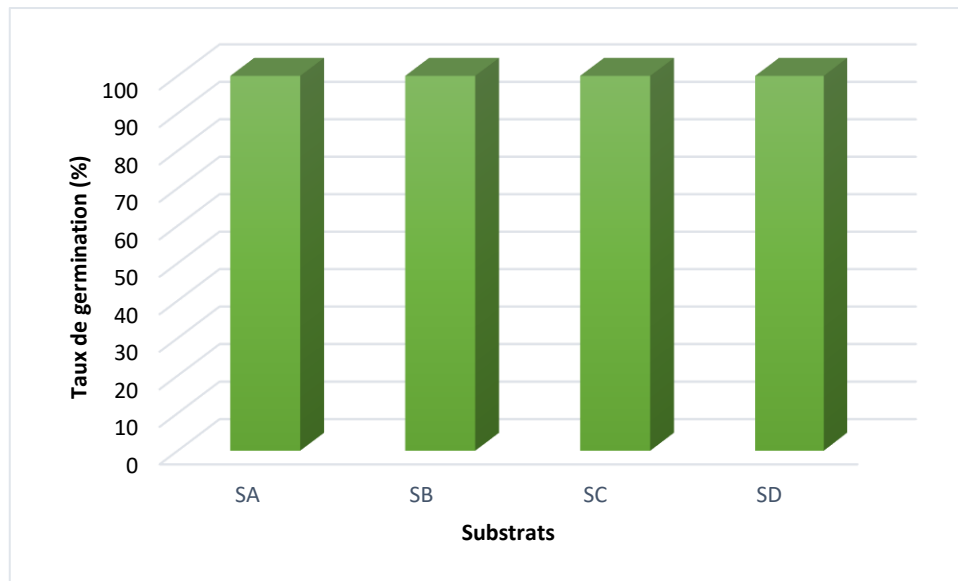


Figure 28: Taux de germination des semences de *Solanum lycopersicum*

7.3. Caractéristiques physiques et chimiques des substrats de croissance

7.3.1. Caractéristiques physiques des substrats de croissance

7.3.1.1. Rendement des composts

Sur les 4 composts, le rapport (volume du compost définitif / volume initial de matière première) a varié entre 72,72 et 80,5 %, avec une moyenne de 76,61 % (Tableau III). Le substrat SB a présenté le rapport le plus élevé, 80,6 %, et le plus faible avec le substrat SA (72,72 %). Au niveau du nombre de retournement, on a noté huit fois pour le compost SA contre 5 fois pour le compost SC et 6 pour les composts SB et SD. De l'eau supplémentaire a été ajoutée, pour maintenir le contenu de l'humidité dans le compost (SA), soit 75 l de plus que les autres substrats (200 l).

Tableau III : Rendement des composts

Rendement des composts			
Substrats	Rapport compost finale/compost initiale (%)	Nombre de retournements	Quantité d'eau utilisée (l)
SA	73,3	8	275
SB	80,6	6	200
SC	72,72	5	200
SD	80,49	6	200

SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D,

7.3.1.2. Composition en agrégats des différents types de composts

Les quatre types de compost ont présentés une variété d'agrégats (Figure 29). Pour chaque type de compost considéré, les agrégats de taille ≤ 2 mm ont dominés, avec une prédominance dans le compost SA. Les composts SA, SB, SC et SD ont renfermé, respectivement, 80 %, 70 %, 56 % et 60 % d'agrégats de petite taille (≤ 2 mm). Les agrégats de taille comprise entre 2 et 5 mm sont présents à 15 %, chez le compost SA, 12 % chez le SB, 14 % chez le substrat SC et à 18 % chez le SD. Les fractions de taille comprise entre 5 et 10 mm ont été de 5 % chez le substrat SA, 10 % chez le SB, 13 % chez le substrat SC et 12 % chez le substrat SD. Le compost SC, dans lequel a été ajouté des coques de cacao, a comporté la plus grande fraction d'agrégats de taille > 10 mm ; soit 17 %.

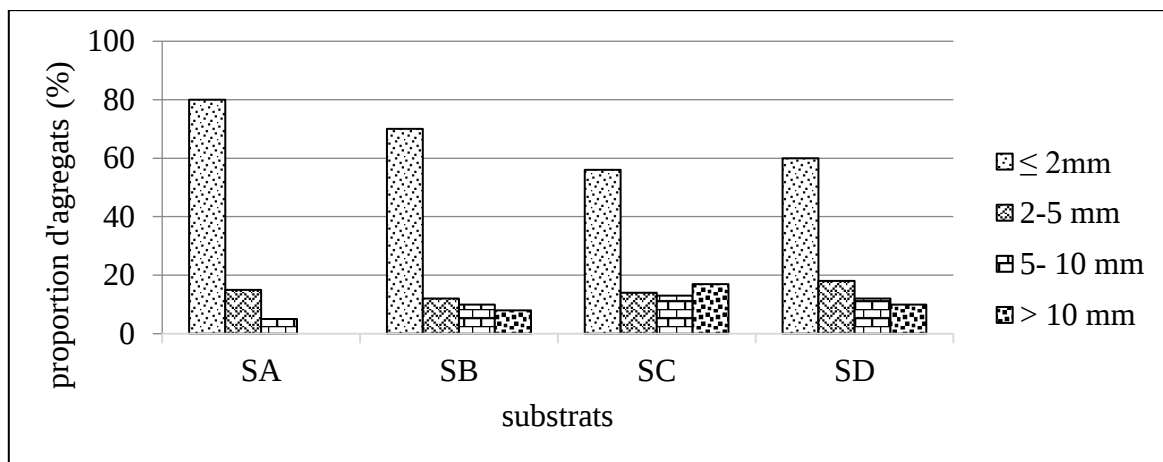


Figure 29: Types d'agrégats des différents composts.

SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D

7.3.1.3 Porosité des substrats

L'évolution de la porosité totale, de la porosité à l'aération et de la porosité de rétention pour les cinq substrats de croissance étudiés est présentée par la figure 30. Ces cinq substrats testés répondaient aux règles d'évaluation de la porosité totale et de la perméabilité à l'air. Cependant, le substrat S0 n'a pas été conforme en termes de porosité de rétention (au moins 30 %). Concernant la porosité totale, il n'y a pas de grande différence entre les substrats (S0, SC) et (SA, SB, SD). En termes de porosité de rétention, les substrats SA et SC ne sont pas significativement différents les uns des autres. En ce qui concerne la porosité à l'air, il n'y a pas de différence significative entre les substrats (SA, SC), (SB, S0).

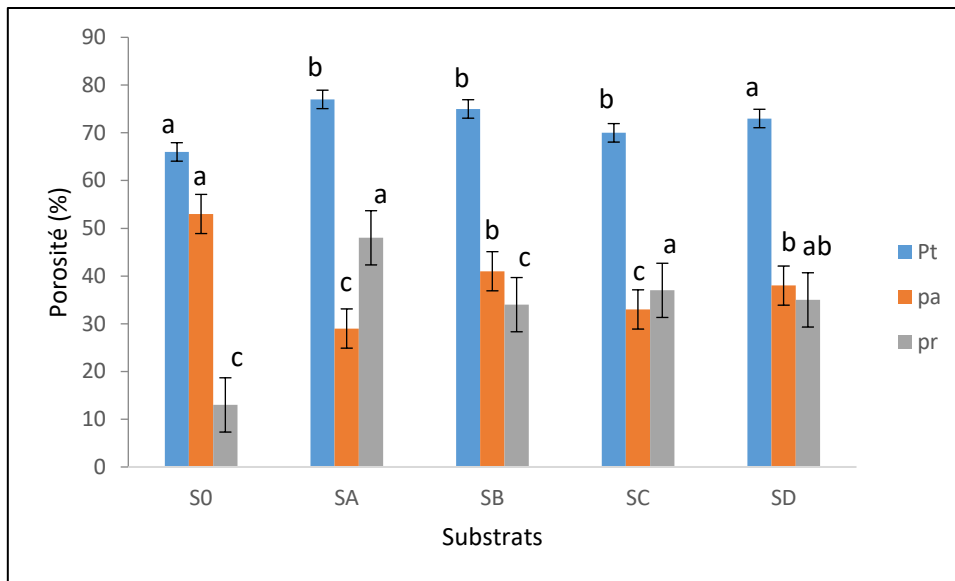


Figure 30: Histogramme des porosités des substrats de croissance

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 *: terreau SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D

NB : règles d'appréciation des porosités totale ($Pt \geq 50\%$), de rétention ($Pr \geq 30\%$) et d'aération ($Pa \geq 20\%$).

7.3.1.4. Masse volumique

Sur les cinq substrats, la masse volumique apparente (g/cm^3) a varié entre 0,14 et 0,46 g/cm^3 , ce qui a donné une moyenne de 0,3 g/cm^3 (Tableau IV). Le substrat témoin (S0) a présenté la masse volumique la plus élevée, avec 0,46 g/cm^3 , et la plus faible a été enregistré par le substrat SA avec 0,14 g/cm^3 . Au niveau de la masse de 20 sachets polyéthylène remplis, on a enregistré une masse de 16,32 kg pour le substrat S0 contre, respectivement, 5,16 ; 6,20 ; 8,36 ; 7,18 kg, pour les substrats SA, SB, SC et SD. Il ressort, également, des résultats que tous les substrats organiques élaborés ont présenté une masse de moins de 10 kg pour 20 sachets polyéthylènes remplis.

Tableau IV : Densité et masse des différents substrats

Substrats	Densité des substrats			
	Masse sèche d'un polyéthylène rempli (g)	Masse volumique (g/cm ³)	Masse humide d'un polyéthylène rempli (g)	Masse de 20 polyéthylènes remplis (kg)
S0	816	0,46	845	16,32
SA	258	0,14	268	5,16
SB	310	0,17	346	6,20
SC	418	0,23	465	8,36
SD	359	0,21	376	7,18

. S0 : terreau, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D

7.3.2. Caractéristiques chimiques des substrats de croissance

7.3.2.1. Teneurs en éléments organiques et phosphore.

Les teneurs en éléments organiques et du phosphore mesurés sont consignés dans le tableau V. Les analyses chimiques ont montré que les teneurs en carbone, en matière organique (Mo), en azote et le rapport C/N ont varié significativement ($p < 0,05$) entre les moyennes de ces composantes chimiques des différents substrats. Les substrats organiques SA, SB, SC et SD ont induit des teneurs plus importantes par rapport au substrat minéral (S0). On note que les teneurs en Cot ($50,2 \pm 0,16$ %), Mo ($90,3 \pm 0,65$ %) et N ($5,76 \pm 0,04$ %) sont plus élevées dans le substrat SC que dans les autres substrats. Quant au rapport C/N il a varié entre 8,7 et 19,8. Le substrat (S0) a présenté le rapport C/N, le plus élevé ($19,8 \pm 0,19$). Par ailleurs, la teneur en phosphore du substrat organique (SD) ($76,67 \pm 0,33$ mg.kg⁻¹) a été la plus grande. On note, également, une teneur en phosphore, au niveau du substrat minéral S0 ($74,23 \pm 0,25$ mg.kg⁻¹), supérieur à celle des substrats organiques SA ($64,47 \pm 0,02$ mg.kg⁻¹) et SB ($74,01 \pm 0,19$ mg.kg⁻¹).

7.3.2.2. Teneurs en éléments du complexe absorbant

Les teneurs en éléments du complexe absorbant mesurés sont consignés dans le tableau VI. On y note que les teneurs en Ca²⁺ ($21,36$ mg.kg⁻¹), en Mg²⁺ ($19,66$ mg.kg⁻¹), en Na⁺ ($0,69$ mg.kg⁻¹) et la CEC ($41 \pm 0,02$ cmol.kg⁻¹) ont été plus élevées dans le substrat SC. Les teneurs en Ca²⁺, en Mg²⁺, en Na⁺ et la CEC ont varié significativement ($p < 0,05$) entre les différentes moyennes des substrats. Les substrats organiques SA, SB, SC et SD ont induit des teneurs plus importantes par rapport au substrat minéral (S0) en éléments minéraux.

Tableau V: Teneurs des composts en éléments organiques et phosphore

Types de substrats	Compositions en éléments organiques des composts				Phosphore
	Cot (%)	M.Org (%)	N (%)	C/N	P (mg/kg)
S0	22,9±0,20d	41,3±0,31d	1,16±0,05d	19,8±0,19a	74,23±0,25c
SA	45,6±0,26c	82,1±0,90c	3,4±0,30c	13,4±0,22b	64,47±0,02d
SB	46,6±0,31b	83,8±0,50b	4,1±0,12b	11,4±0,09c	74,01±0,19c
SC	50,2±0,16a	90,3±0,65a	5,76±0,04a	8,7±0,34c	75,53±0,46b
SD	47,3±0,33b	85,2±0,23b	4,32±0,30b	11,0±0,76d	76,67±0,33a
Test T, P	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan.. S0 *: terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

Tableau VI: Teneurs des composts en éléments du complexe absorbant

Types de substrats	Complexes absorbants				
	K ⁺ (mg/kg)	Ca ²⁺ (mg/kg)	Mg ²⁺ (mg/kg)	Na ⁺ (mg/kg)	CEC(cmol/kg)
S0	2,56±0,10c	20,43±0,12c	18,60±0,20b	0,58±0,03e	24±0,17c
SA	2,79±0,05b	20,79±0,02b	17,67±0,03c	0,61±0,02d	36±0,05ab
SB	2,9±0,06ab	20,87±0,17b	19,89±0,16a	0,63±0,02c	25±0,09c
SC	2,94±0,05a	21,36±0,02a	19,68±0,19a	0,69±0,02a	41±0,02a
SD	2,84±0,02ab	20,69±0,03bc	18,46±0,05b	0,66±0,01b	37±0,05b
Test T, P	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan.. S0 *: terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

7.3.2.3. Teneurs en éléments traces métalliques

Les teneurs en éléments traces métalliques (ETM) mesurés sont consignés dans le tableau VII. Au niveau du Zinc (Zn), le substrat SC a présenté la teneur la plus élevée, soit 1,87±0,09 mg/kg. Le substrat minéral (témoin) a présenté une teneur (1,67±0,03 mg.kg⁻¹) en Zn similaire au substrat organique SD (1,68±0,05 mg.kg⁻¹). Les substrats organiques SA et SB ont, respectivement, présenté les teneurs en Zn les plus faibles, soit 1,33±0,02 et 1,34±0,02 mg/kg. On note, au niveau de la teneur du Cuivre, une quantité élevée au niveau des substrats SA, SD

et SC ($2,94 \pm 0,06 \text{ mg.kg}^{-1}$). Le substrat SB a présenté la plus faible teneur $2,29 \pm 0,04 \text{ mg/kg}$. Toutefois, au niveau du substrat minéral S0 on a relevé une quantité de $2,57 \pm 0,09 \text{ mg/kg}$. Relativement à la teneur en Fe, les substrats SA et SC ont présenté, respectivement, les teneurs les plus élevées ($97,68 \pm 0,32$ et $95,57 \pm 0,11 \text{ mg.kg}^{-1}$). Ces variations des teneurs, en éléments traces métalliques sont significatives (Anova 1, $p < 0,05$). Les teneurs en ETM ont été très variables d'un échantillon de compost à un autre.

Tableau VII: Teneurs des composts en éléments de traces métalliques

Substrats	Eléments de traces métalliques		
	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)
S0	$1,67 \pm 0,03b$	$2,57 \pm 0,09b$	$91,80 \pm 0,18c$
SA	$1,33 \pm 0,02c$	$2,94 \pm 0,06a$	$97,68 \pm 0,32a$
SB	$1,34 \pm 0,02c$	$2,29 \pm 0,04c$	$91,23 \pm 0,09$
SC	$1,87 \pm 0,09a$	$2,84 \pm 0,06ab$	$95,57 \pm 0,11ab$
SD	$1,68 \pm 0,05b$	$2,94 \pm 0,06a$	$94,25 \pm 0,09b$
Test T, P	0,000***	0,000***	0,000***

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan.. S0 *: terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

7.3.3. Variables de discrimination des quatre types de composts

Les Analyses en Composantes Principales (ACP), réalisées sur les paramètres chimiques, sont présentées par la figure 31. L'axe 1 (53,18 %) et l'axe 2 (28,38 %) présentant plus de 81 % de l'inertie totale, donc, l'interprétation s'articulera autour des deux axes (Figure 31A). Le cercle de corrélation révèle que les variables sont, soit positivement, soit négativement liées au premier axe. Les contributions, relatives des variables à la formation du premier facteur, ont montré que la variable C/N est positivement corrélée à l'axe 1, tandis que les variables Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Cot, N, et M.org sont négativement plus corrélées. En ce qui concerne l'axe 2, les variables Mg^{2+} , CEC et P sont corrélées positivement avec l'axe. La variable Zn l'est également mais dans une moindre mesure, tandis que les variables Fe et Cu sont négativement corrélées mais Cu dans une moindre mesure. La carte factorielle des relevés a montré une discrimination des 5 types de substrat en 4 groupes (Figure 31B) : le groupe constitué par le substrat S0, le groupe formé par le substrat SA, le groupe constitué par le substrat SC et le groupe représenté par les substrats SB et SD. Le test de discrimination de Monté Carlo a montré que l'ordination

des 4 groupes de substrats a été significative ($p < 0,001$). La superposition du cercle de corrélation à la carte factorielle révèle que le groupe constitué par le substrat SC est beaucoup plus riche en élément fertilisants. Par ailleurs, le groupe, représenté par les substrats SB et SD, ont des teneurs élevées en Mg^{2+} , P et Zn.

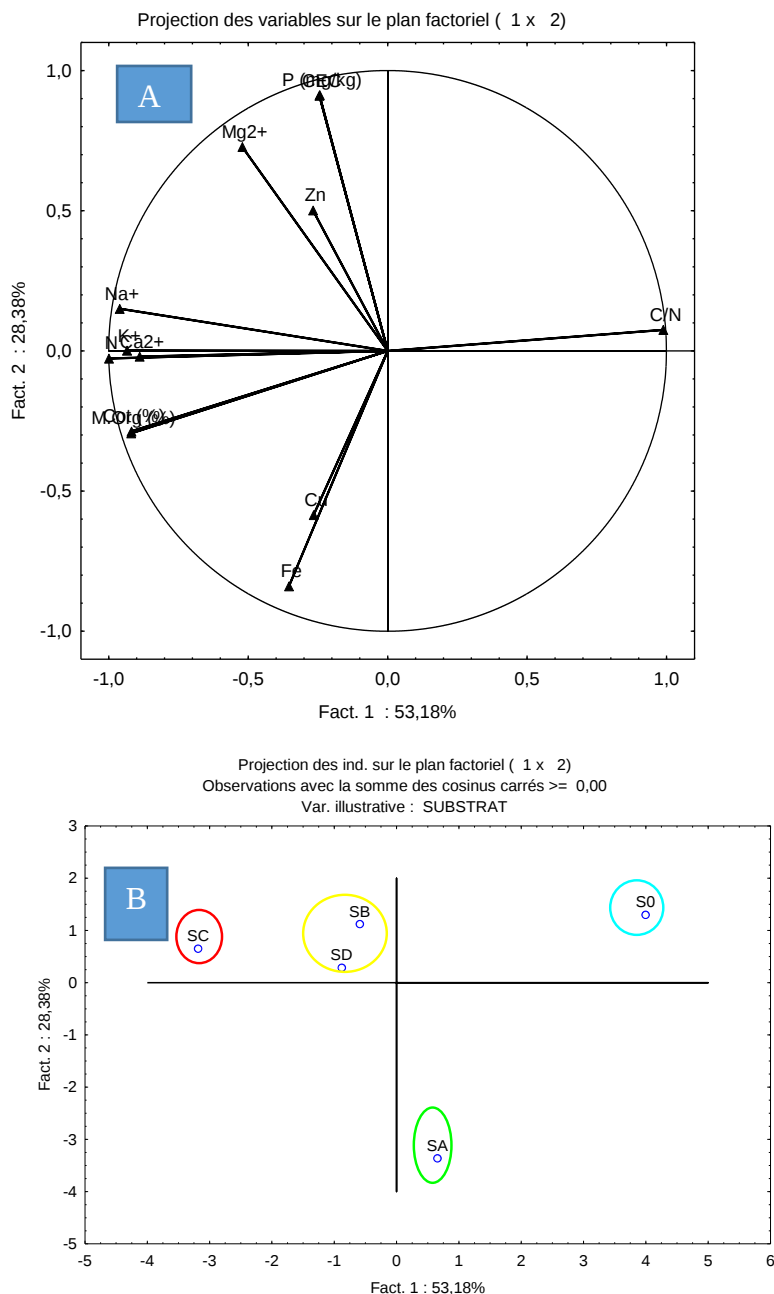


Figure 31 : Analyse en composantes principales réalisée sur les composantes chimiques des composts : (A) cercles de corrélation des variables et (B) plan factoriel

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

Chapitre 8 : Effet des composts sur les paramètres de germination des graines et de croissance des plants des essences forestières étudiées

8.1. Effet des composts sur les paramètres de la germination des graines

8.1.1 Cas de *Terminalia superba* Engl. & Diels

8.1.1.1. Délai et durée de germination des graines

Le tableau VIII présente les résultats relatifs au délai et la durée de germination des graines.

Ces résultats ont montré chez *Terminalia superba* Engl. & Diels, le délai de germination des graines, semées sur les substrats SA et SB ($15,16 \pm 0,12$ et $15,23 \pm 0,19$ jours), ont été plus court que celui sur les substrats SD ($17,35 \pm 0,26$ jours), SC et S0 ($16,41 \pm 0,22$ et $16,33 \pm 0,35$ jours). Le temps de germination des graines de *T. superba* a varié entre 25 et 30 jours, avec des temps de germination plus longs (29 jours) enregistrés dans le compost SB et SD par rapport aux autres substrats. Les graines de *T. Superba* ont mis moins de temps à germer sur le substrat témoin (Terreaux S0).

Tableau VIII : Délai et durée de germination après semis en fonction des substrats

Temps de germination	Substrats				
	S0	SA	SB	SC	SD
Délai de germination (jour)	$16,33 \pm 0,35$	$15,16 \pm 0,12$	$15,23 \pm 0,19$	$16,41 \pm 0,22$	$17,35 \pm 0,26$
Durée de germination (jour)	$25,23 \pm 0,14$	$29,44 \pm 0,37$	$27,35 \pm 0,32$	$28,16 \pm 0,33$	$29,41 \pm 0,21$

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.1.1.2. Taux de levée des graines de *T. superba*

Le taux de levée des graines, de chaque substrat étudié, a été supérieur à 50 % (Figure 32). Le compost SA a enregistré un taux de levée (62 %) supérieur à ceux des autres substrats. Comparativement au témoin S0, qui a enregistré le taux de levée le plus faible (52 %), les composts SB, SC et SD ont eu un taux similaire de 57 %.

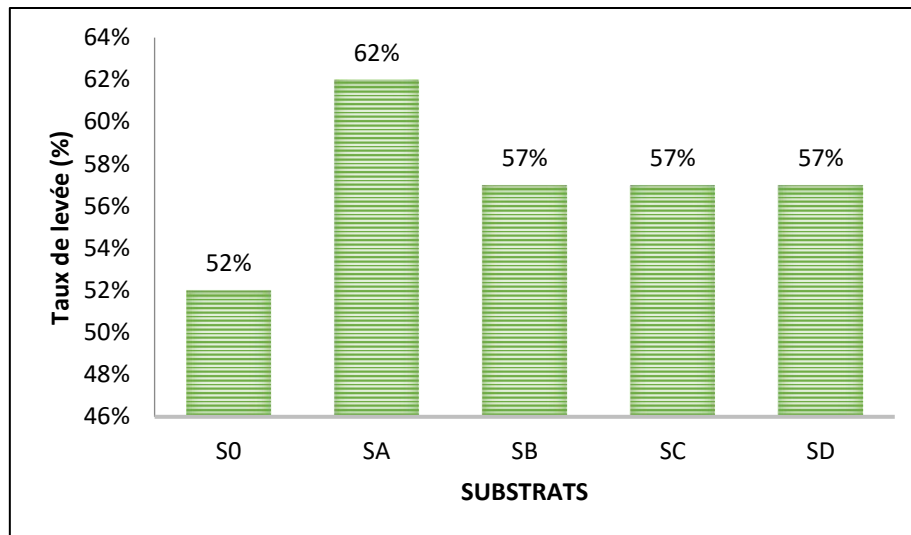


Figure 32 : Taux de levée des graines de *Terminalia superba*

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.1.2. Cas de *Terminalia ivorensis* A chev

8.1.2.1. Délai et durée de germination des graines de *T. ivorensis*

Les délais de germination des graines, semées sur les composts élaborés, ont été inférieurs à 15 jours. Par contre, les graines semées sur le témoin S0 ont mis 16 jours avant les premières germinations (Tableau IX). La durée de germination des graines de *T. ivorensis* s'est située entre 22 et 27 jours, et on a enregistré plus de temps de germination sur les composts SC (27 jours) par rapport aux autres substrats. Les graines de *T. ivorensis* ont mis plus de temps à germer au niveau du substrat témoin (S0).

Tableau IX : Délai et durée de germination après semis en fonction des substrats

Temps de germination	Substrats				
	S0	SA	SB	SC	SD
Délai de germination (jours)	16±0,25	13±0,13	12±0,34	14±0,11	14±0,18
Durée de germination (jours)	22±0,31	21±0,17	25±0,15	27±0,33	25±0,35

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.1.2.2. Taux de levée des graines

Le taux de levée des graines de l'espèce étudiée a varié en fonction des traitements. Comparativement au témoin (S0), le substrat (SB) a été plus favorable à l'expression germinative des graines, avec un taux de levée de 95 %. Le substrat SA a présenté le plus faible

taux levée (78 %). Toutefois, tous les substrats ont donné un taux de levée supérieur à 75 % (Figure 33).

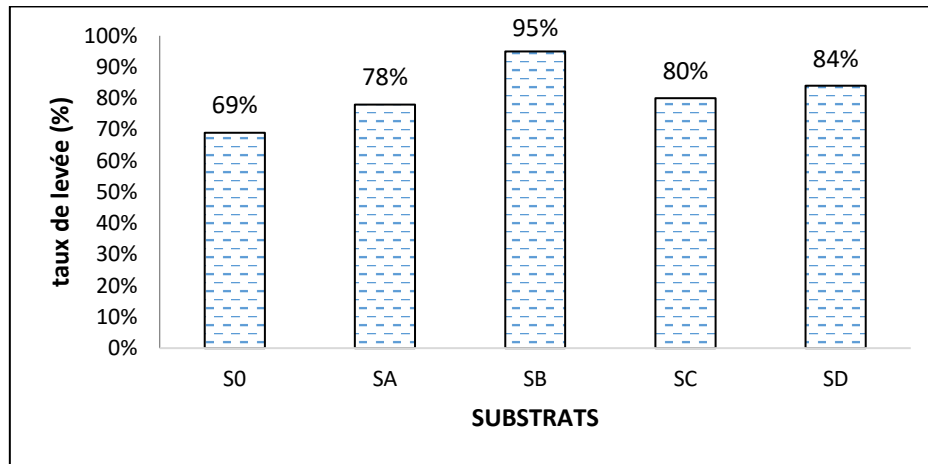


Figure 33: Taux de levée en fonction des différents substrats

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.1.3. Cas de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.

8.1.3.1. Délai et durée de germination des graines de *Gmelina arborea*

Les délais de germination des graines, semées sur les différents substrats, ont été inférieurs à 15 jours. Toutefois, les substrats SA ($10 \pm 0,36$ jours) et SD ($10 \pm 0,32$ jours) ont présenté les plus courts délais de germination (10 jours). Les graines, semées sur le témoin S0 ($13 \pm 0,15$ jours), ont mis 13 jours avant germination (Tableau X). La durée de germination des graines de *G. arborea* est comprise entre 22 et 27 jours. Les temps de germination, sur les composts SD (25 jours) et SC (27 jours), sont plus élevés par rapport aux autres substrats. Les graines de *Gmelina arborea* ont mis moins de temps à germer sur le témoin S0 (22 jours), comparativement aux autres composts, excepté le substrat SA (21 jours).

Tableau X : Délai et durée de germination après semis en fonction des substrats

Temps de germination	Substrats				
	S0	SA	SB	SC	SD
Délai de germination (jours)	13±0,15	10±0,36	13±0,18	12±0,23	10±0,32
Durée de germination (jours)	22±0,12	21±0,17	25±0,25	27±0,15	25±0,13

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.1.3.2. Taux de levée des graines

Le taux de levée des graines étudiées a varié en fonction des substrats. Comparativement au témoin (S0), le substrat (SB) a été favorable à l'expression germinative des graines, avec un taux de germination de 72 %. Le substrat (S0) a été néfaste pour la germination, avec un taux de mortalité de 60 %. Par contre, les substrats SA et SD ont eu des taux similaires (Figure 34).

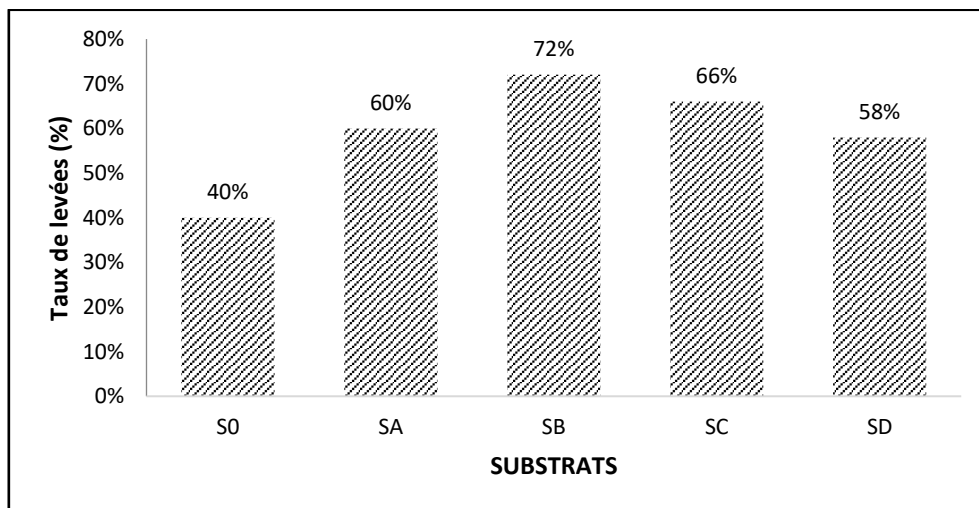


Figure 34: Taux de levée

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.1.3.3. Cinétique de levée

La figure 35 montre que les taux et les durées de levée varient d'un substrat à l'autre. Aucune levée n'a été observée sur les différents substrats au cours de la première semaine après le semis. La germination initiale a été observée dès la deuxième semaine sur les différents substrats. Le plus grand nombre de graines levées a été observé avec le substrat SB à partir de la cinquième semaine.

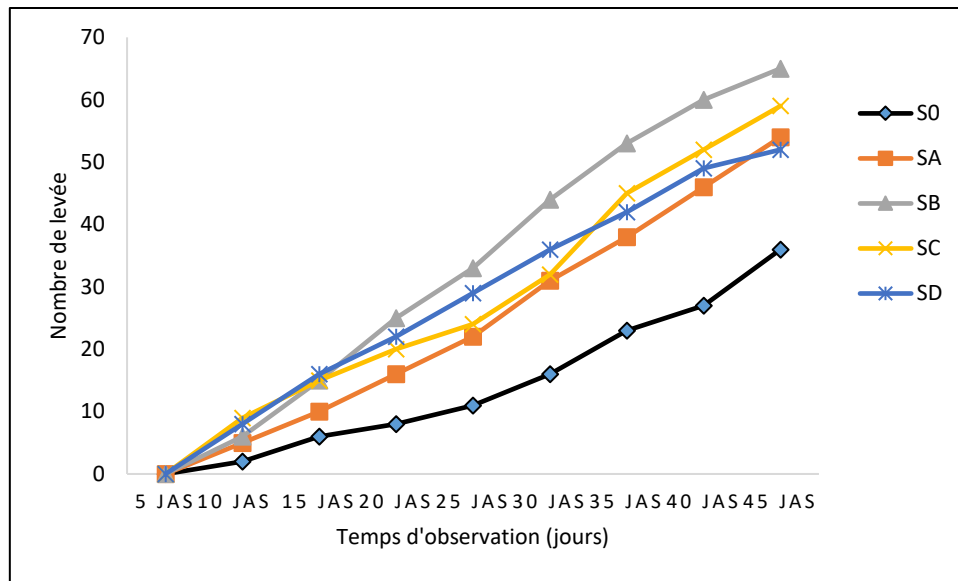


Figure 35: Cinétique des levées

S0: Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.2. Effet des substrats sur les paramètres de croissance des plants.

8.2.1. Cas de *Terminalia superba* Engl. & Diels

8.2.1.1. Hauteur des plants

L'évolution de la croissance en hauteur des plants de *Terminalia superba* sur divers substrats de la 4^{ème} à la 10^{ème} semaine après semis (SAS) est présenté par la figure 36A. Les courbes de croissance ont différé, selon les substrats. Les plants de *Terminalia superba* ont eu une croissance très rapide, ainsi, la hauteur moyenne des plants a atteint 8 à 9 cm en pépinière après 4 semaines au niveau des substrats. Toutefois, les substrats organiques SA, SB, SC et SD ont donnés des croissances plus importantes par rapport au témoin S0 (terreux), pendant toute la période de mesure. A la dernière prise de mesure, c'est à dire 10 SAS, la croissance maximale, en hauteur ($H=12,88\pm0,35$ cm), a été enregistrée chez les plants du substrat SC, suivi des substrats SB ($10,78\pm0,98$ cm) et SD ($10,22\pm0,83$ cm). À ce stade, les individus sur le substrat S0 ($H= 9,56$ cm) ont enregistré les valeurs de hauteur les plus basses. La figure 36B visualise le gain de hauteur quotidien moyen des plants par substrat. Après la phase de croissance rapide des plantes, on observe des augmentations quotidiennes moyennes sur le substrat S0 (0,16 mm/j), SB (0,16 mm/j), SC (0,20 mm/j) et SD (0,16 mm/j). Ces valeurs enregistrées était supérieure à celle des plantes issues du substrat SA (0,13 mm/jour). Une décélération nette a été observée pour l'ensemble des plants des substrats S0, SA, SB et SD entre le 49e et le 56e jour, indiquant un gain de croissance inférieur par rapport à la semaine précédente, suivie d'une nette augmentation (gains supérieurs) au 56e jour.

Par ailleurs, au niveau du substrat SC, on note un accroissement atteignant de nouveau un maxima au 56^{ième} jours et un peu plus tard chez les plants des substrats SA (0,09 cm/j) et SB (0,20 cm/j), au 63^{ième} jours.

L'analyse statistique des données (ANOVA) concernant la hauteur des plants n'a montré aucune différence significative à partir de la neuvième semaine après le semis ($P\text{-value} < 0,05$) (voir Tableau XI). Le substrat SA a permis aux plants de *Terminalia superba* d'atteindre des hauteurs plus élevées que les autres substrats jusqu'à la dixième semaine après le semis, mesurant $12,88 \pm 0,35$ cm. Le test statistique sur ce paramètre a été significatif ($P\text{-value} < 0,05$) à cette date et les substrats se sont répartis en 2 groupes homogènes :

- le SC (Formulation 3) a constitué le premier groupe, avec une moyenne de 12,88 cm.
- le second groupe, englobe le témoin S0, SA, SB et SD, avec respectivement 9,56, 10,22, 10,78 et 10,22 cm.

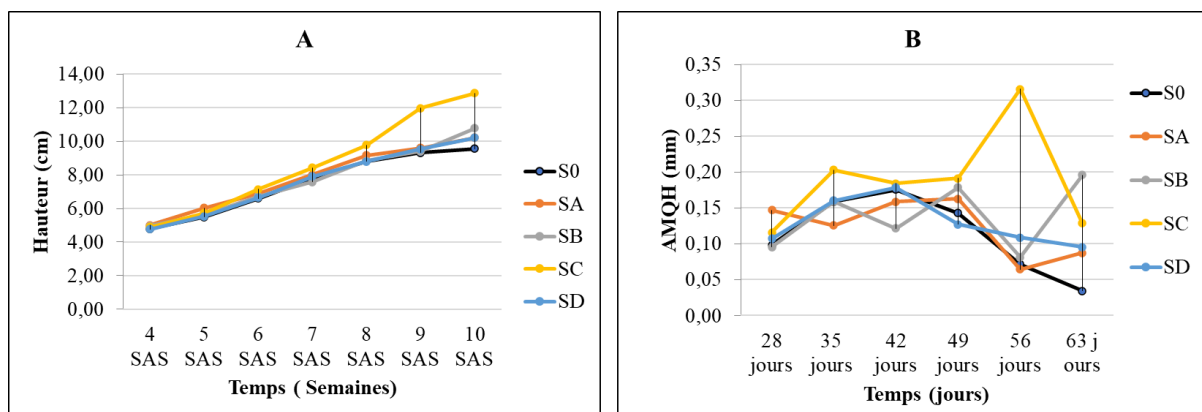


Figure 36: Courbes d'évolution des hauteurs des plants de *T. superba* en fonction du temps (A) ; Courbes d'évolution des accroissements moyens quotidiens des plants par substrat en fonction du temps (B)

SAS : Semaine Après Semis ; S0 : terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.
AMQH : Accroissement moyen quotidien en hauteur

Tableau XI : Comparaison des hauteurs moyennes des plants de *Terminalia superba* en fonction des substrats

Substrats	Hauteurs moyennes de la partie aérienne (cm)						
	4 SAS	5 SAS	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS
S0	4,79±0,35a	5,48±0,50a	6,59±0,54a	7,82±0,45a	8,82±0,64a	9,32±1,66a	9,56±2,04a
SA	5,00±0,19a	6,03±0,13a	6,91±0,20a	8,02±0,30a	9,16±0,28a	9,61±0,30a	10,22±0,76a
SB	4,96±0,16a	5,63±0,22a	6,74±0,18a	7,59±0,35a	8,84±0,40a	9,41±0,56a	10,78±0,98a
SC	4,91±0,43a	5,72±0,65a	7,14±0,84a	8,43±0,90a	9,77±1,13a	11,98±0,25b	12,88±0,35b
SD	4,78±0,34a	5,53±0,51a	6,65±0,32a	7,90±0,31a	8,79±0,36a	9,55±0,56a	10,22±0,83a
P-value	0,8575ns	0,5952ns	0,6457ns	0,4045ns	0,3510ns	0,0154*	0,0395*

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan.. S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.2.1.2. Diamètre au collet des plants de *Terminalia superba*

La figure 37 montre que la croissance en épaisseur des tiges des plants de *Terminalia superba* évolue de manière continue de 4 SAS à la 10^{ème} SAS. Elle a varié de 1,6 à 3,3 mm pendant cette période de mesure. Ces diamètres moyens ont évolué en fonction du temps, et ont différé selon les substrats. Les plants de *T. superba* ont eu une croissance en épaisseur très rapide sur les différents substrats. Les substrats organiques SA, SB, SC et SD ont induit des croissances plus importantes par rapport au témoin S0 (terreux), pendant toute la période de mesure. A la dernière prise de mesure, c'est à dire 10 SAS, la plus grande croissance en épaisseur a été enregistrée chez les plants du substrat organique SC (D=3,1 mm). A cette date, les individus du substrat S0 (D=2,4 mm) ont enregistré les plus faibles diamètres au collet. Les substrats SB et SA ont présenté la même épaisseur à la 10^{ème} SAS (D=2,7 mm).

L'analyse statistique (ANOVA) appliquée au diamètre du collet des plants, a montré des différences significatives (valeur $P < 0,05$), 9 semaines après le semis (Tableau XII) et des différences très significatives 10 semaines après le semis (valeur $P < 0,01$) entre les moyennes. Le compost SC a permis d'atteindre les diamètres au collet les plus élevés des plants de *Terminalia superba* par rapport aux autres substrats jusqu'à la 10^e semaine après le semis ($3,3 \pm 0,1$ mm). A la dernière prise de mesure, le test statistique, concernant ce paramètre, a été significatif ($P\text{-value} < 0,01$), ainsi, les substrats se sont répartis en 2 groupes homogènes :

- le substrat SC (Formulation 3) a constitué le premier groupe, avec une moyenne de 3,3 mm à la fin des mesures ;
- le second groupe, englobe le témoin S0, SA, SB et SD, avec, respectivement, 2,4 ; 2,7 ; 2,7, et 3,1 cm.

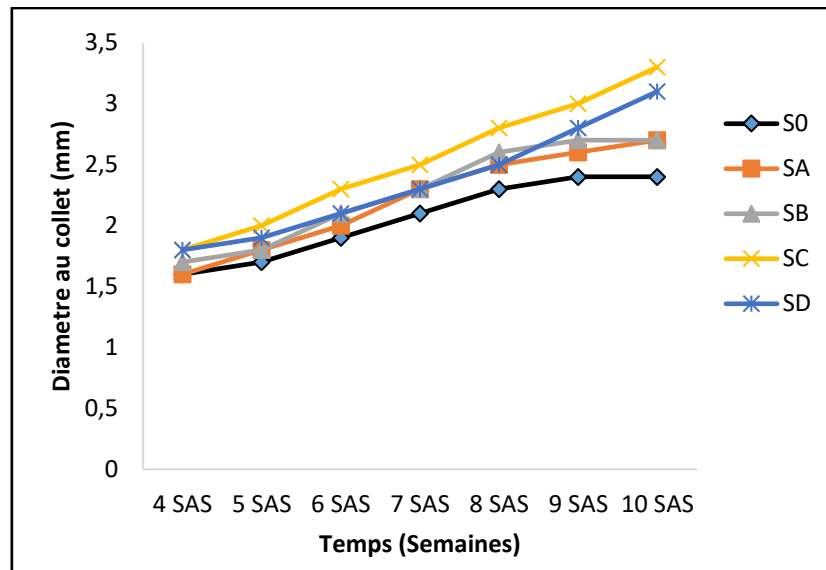


Figure 37: Courbes d'évolution des diamètres au collet des plants de *Terminalia superba* en fonction du temps

Tableau XII : Comparaison des diamètres moyens au collet des plants de *Terminalia superba* en fonction des substrats

Substrats	Valeurs moyennes des diamètres au collet (mm)						
	4 SAS	5 SAS	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS
S0	1,6±0,1a	1,7±0,0a	1,9±0,1a	2,1±0,1a	2,3±0,1a	2,4±0,1a	2,4±0,1a
SA	1,6±0,1a	1,8±0,1a	2,0±0,1a	2,3±0,1a	2,5±0,0a	2,6±0,1a	2,7±0,1a
SB	1,7±0,1a	1,8±0,1a	2,1±0,2a	2,3±0,2a	2,6±0,0a	2,7±0,1a	2,7±0,1a
SC	1,8±0,1a	2,0±0,1a	2,3±0,1a	2,5±0,1a	2,8±0,1a	3,0±0,1b	3,3±0,1b
SD	1,8±0,1a	1,9±0,1a	2,1±0,2a	2,3±0,1a	2,5±0,1a	2,8±0,0ab	3,1±0,0a
P-value	0,2398ns	0,0736ns	0,3365ns	0,2643ns	0,1318ns	0,0128*	0,0056**

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 suivi de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan. S0 : Terreau forestier SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D, SAS : Semaines Apres Semis.

8.2.1.3. Nombre de feuilles des plants de *Terminalia superba*

Le nombre de feuilles a varié de 7 à 9 à la dixième semaine après semis (Figure 38). Le nombre de feuilles minimal (7 feuilles) a été enregistré au niveau du compost SA et le plus élevé (9 feuilles) au niveau du compost SC. L'analyse statistique des données (ANOVA) concernant le nombre de feuilles des plants de *Terminalia superba* (voir Tableau XIII) a montré une différence très significative entre les moyennes des effectifs des feuilles des plants à la sixième semaine après le semis, avec une P-value < 0,001. La différence a été très significative de la septième à la dernière SAS (P-value < 0,01), au niveau des cinq traitements. Le substrat SC a

favorisé l'apparition de plusieurs feuilles sur les plants de *T. superba* par rapport aux autres traitements jusqu'à la dixième semaine après le semis ($8,67 \pm 0,58$). En outre, les plants de *T. superba*, présents sur les composts SB ($7,75 \pm 0,61$) et SD ($7,72 \pm 0,37$) ont eu plus de feuilles que ceux du traitement SA. Quant au compost SA ($6,75 \pm 0,18$), il a eu le même effet avec le témoin S0 ($7,15 \pm 0,26$). Ils n'ont pas agi efficacement dans l'apparition des feuilles des plants de *T. superba*.

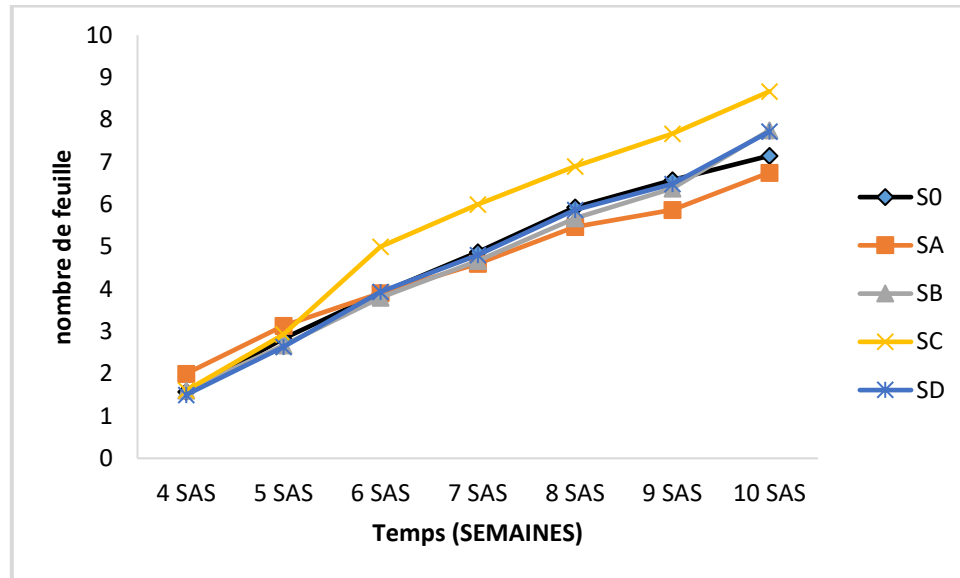


Figure 38: Courbes d'évolution du nombre de feuilles des plants de *Terminalia superba* en fonction du temps

Tableau XIII: Comparaison des effectifs moyennes de feuilles des plants de *Terminalia superba* en fonction des substrats

Substrats	Valeurs moyennes des effectifs de feuilles						
	4 SAS	5 SAS	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS
S0	1,47±0,6a	2,83±0,3a	3,90±0,10a	4,87±0,15a	5,93±0,06a	6,57±0,55a	7,15±0,26a
SA	2,03±0,06a	3,13±0,12a	3,90±0,10a	4,60±0,26a	5,47±0,12a	5,87±0,27a	6,75±0,18a
SB	1,63±0,55a	2,67±0,25a	3,80±0,26a	4,67±0,31a	5,67±0,25a	6,38±0,39a	7,75±0,61ab
SC	1,60±0,44a	2,93±0,38a	5,00±0,00b	6,00±0,00b	6,90±0,17b	7,67±0,58b	8,67±0,58b
SD	1,50±0,46a	2,63±0,40a	3,93±0,35a	4,80±0,53a	5,87±0,57a	6,48±0,21a	7,72±0,37ab

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan.. S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D SAS : Semaines Apres Semis.

8.2.1.4. Surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de *T. superba*

La figure 39 présente l'évolution de la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants produits, en fonction du temps sur chacun des substrats (témoin et substrat organique). Elle a

varié de 17,54 cm² à 24,35 cm² en moyenne, à la 10^{ème} semaine après semis (Tableau XIV). La valeur minimale de 17,54 cm² a été enregistrée, au niveau des substrats S0 (terreau) et la valeur maximale de 24,35 cm² au niveau du compost SC.

L'analyse statistique des données (ANOVA), appliquée à la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de *T. superba*, a montré qu'il y a une différence très hautement significative entre les moyennes des surfaces foliaires des plants des substrats de la quatrième et dixième semaine après semis ($P\text{-value} < 0,001$). Le compost SC a stimulé le développement des surfaces foliaires des troisièmes feuilles des plants de *Terminalia superba*, atteignant des valeurs plus élevées que celles des autres substrats jusqu'à la dixième semaine après le semis ($24,35 \pm 0,03$ cm²). Aussi, à la dernière prise de mesure, la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de *Terminalia superba* sur les substrats SB ($17,61 \pm 0,29$ cm²) et SD ($20,78 \pm 0,13$ cm²) ont montré une différence significative par rapport au traitement SA. Quant au substrat SA ($13,95 \pm 0,07$ cm²), il n'a pas agi efficacement sur la longueur et la largeur des troisièmes feuilles des plants de *Terminalia superba*. A la dixième semaine, le test statistique concernant ce paramètre a été significatif ($P\text{-value} < 0,05$) et les substrats se sont répartis en 4 groupes très inégaux :

- le SC (Formulation 3) a constitué le premier groupe, avec une moyenne de $24,35 \pm 0,03$ cm².
- le second groupe concerne SD (Formulation 4), avec une moyenne de $20,78 \pm 0,13$ cm²
- le troisième groupe englobe le témoin (S0) et SB (Formulation 2), avec respectivement $17,54 \pm 0,06$ et $17,61 \pm 0,29$ cm².
- le quatrième groupe concerne le SA (Formulation 2) donnant une surface foliaire de $13,95 \pm 0,07$ cm²

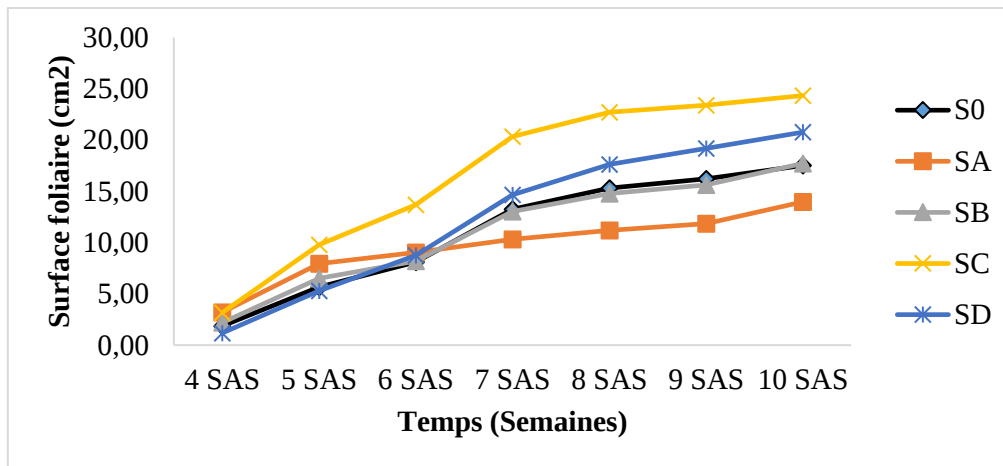


Figure 39: Courbe d'évolution de la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de *Terminalia Superba* en fonction du temps

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D SAS : semaines après semis.

Tableau XIV : Comparaison des surfaces foliaires moyennes des troisièmes feuilles des plants de *Terminalia superba* en fonction des substrats

Substrats	Valeurs moyennes des surface Foliaire (cm ²)						
	4 SAS	5 SAS	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS
S0	2,07±0,01c	5,67±0,03b	8,12±0,10d	13,27±0,02c	15,32±0,04c	16,23±0,02c	17,54±0,06c
SA	3,24±0,08a	7,99±0,04b	9,11±0,16b	10,33±0,05d	11,20±0,03e	11,86±0,01d	13,95±0,07d
SB	2,20±0,05b	6,53±0,12c	8,20±0,09d	13,11±0,17c	14,79±0,04d	15,65±0,03	17,61±0,29c
SC	3,19±0,03a	9,81±0,19a	13,69±0,04a	20,34±0,15a	22,74±0,06a	23,44±0,02a	24,35±0,03a
SD	1,20±0,03d	5,33±0,03e	8,78±0,02c	14,67±0,03b	17,66±0,02b	19,21±0,04b	20,78±0,13b
P-value	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivi de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan.. S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.2.1.5. Ratio de robustesse des plants de *T. superba*

La figure 40 rend compte des résultats obtenus concernant le ratio de robustesse des jeunes plants de *T. superba* produits sur chaque substrat de culture étudié durant les 7 relevés effectués croissance mis en œuvre. Le ratio de robustesse des plants de *T. superba*, de chaque substrat, de la quatrième à la dixième SAS, a varié de 2,7 cm/mm à 4 cm/mm. D'après les résultats obtenus, pour le ratio de robustesse, on a noté une augmentation progressive des ratios sur tous les substrats avec le temps. A la dixième semaine après semis, la valeur minimale, de 3,3 cm/mm, a été enregistrée au niveau des composts SD et la valeur maximale, de 4 cm/mm, au niveau du compost S0.

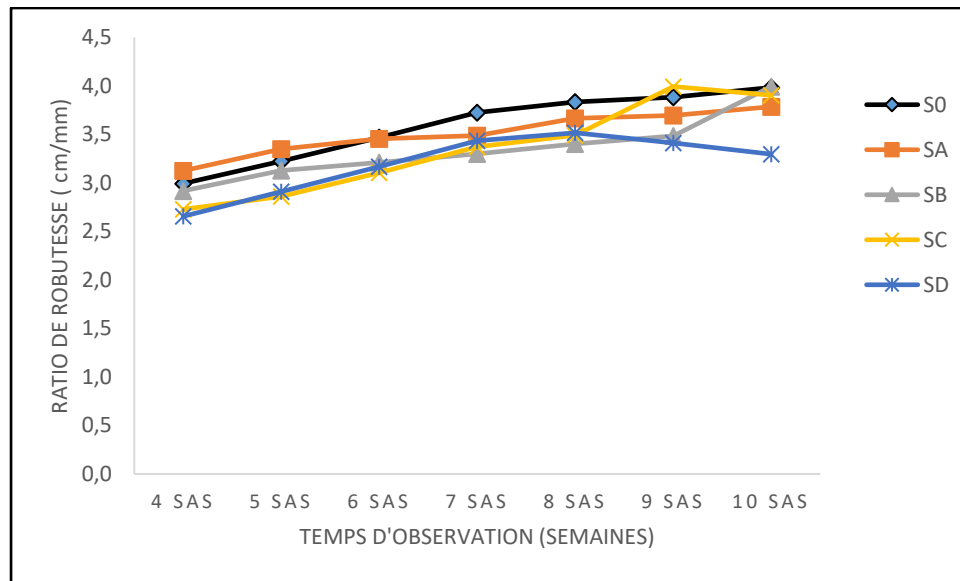


Figure 40: Courbes des ratios de robustesse des plants de *Terminalia superba* en fonction du temps

S0: Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.2.1.6. Rapport biomasse tige /biomasse racine

✓ Ratio MFA/MFR (Matière fraîche aérienne/Matière fraîche racinaire)

La figure 41 présente le rapport MFA/MFR. Ce rapport a varié selon les différents substrats. La valeur la plus importante est enregistrée pour le traitement SD (1,31). La valeur la plus faible est notée au niveau du substrat S0 (0,78). Pour les autres substrats, les valeurs de ce paramètre se situent à entre 1 et 1,31. Au niveau du substrat SB (1,15) un rapport pas loin de l'équilibre s'est installé, entre les deux systèmes.

✓ Ratio MSA/MSR (Matière sèche aérienne/Matière sèche racinaire)

Le rapport MSA/MSR des différents plants, mis en culture sur les substrats, est présenté par la figure 41. Ce rapport a varié selon les différents substrats. La valeur la plus importante est enregistrée avec le traitement SA (1,31). La valeur la plus faible est notée au niveau du substrat S0 (0,66). Les valeurs du rapport MSA/MSR sont comprises entre 0,5 et 1,31. En ce qui concerne le substrat SC (1), il y a eu un rapport d'équilibre s'est installé entre les deux systèmes. Les rapports des substrats SB et SD ont été, respectivement, de 0,99 et 1,21.

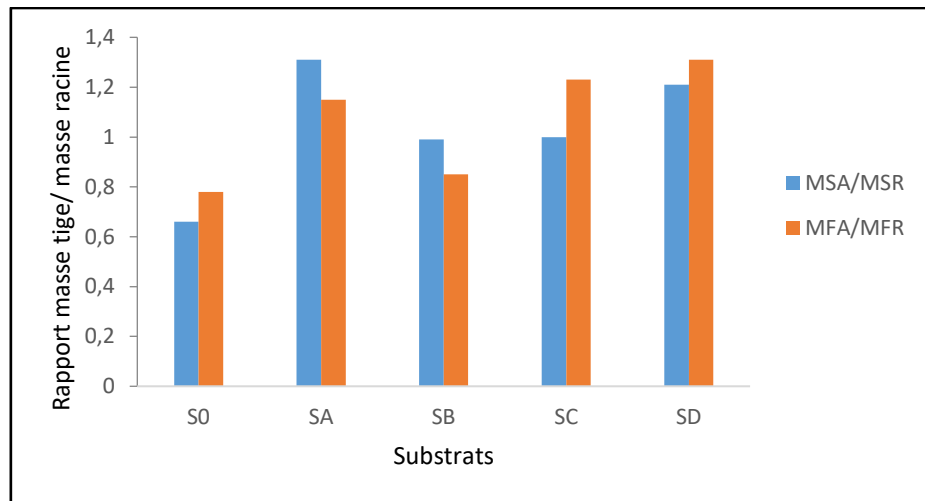


Figure 41: Histogrammes des rapports biomasse tige /racine en fonction des substrats

S0 : Terreau, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

MFA : masse fraîche aérienne, MFR : masse fraîche racinaire, MSA : masse sèche aérienne, MSR : masse sèche racinaire.

8.2.2. Cas de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.

8.2.2.1. Hauteur des plants

L'évolution de la croissance en hauteur des plants de *Gmelina arborea*, durant leur cycle en pépinière est illustrée par la figure 42A. De la quatrième semaine à la dixième semaine après semis, elle a varié de 10,67 à 90,00 cm en moyenne. Les courbes de croissance ont différé selon, les substrats. Les substrats SA, SB, SC et SD ont favorisé des croissances significativement supérieures à celles du témoin S0 à tous les moments de mesure. Parmi tous les substrats organiques, les plants cultivés dans le substrat SC ont enregistré les croissances en hauteur les plus élevées, atteignant 90,00 cm. Les individus du substrat S0 (Terreau) ont enregistré les plus faibles valeurs ($H=58,50$ cm) à la dernière prise de données.

La figure 42B visualise les accroissements moyens quotidiens en hauteur par substrat. Il est remarqué une phase de décélération (ralentissement) rapide chez les plants des substrats S0 (de 1,77 à 0,76 cm/j), SA (2,29 à 1,38cm/j), SB (de 1,91 à 0,94cm/j), SC (de 1,90 à 1,69cm/j) et SD (1,98 à 1,57 cm) entre le 28^{ième} jours et le 35^{ième} jours. Cette phase de décélération est suivie d'une nette phase de croissance chez les plants des substrats S0, SC et une phase de croissance en hauteur rapide chez les plants des substrats SD. Les plants des autres substrats enregistrent des gains moyens quotidiens supérieurs à ceux des plants des substrats SA (1,33 mm/j) au 42^{ième} jours. Au 49^{ième} jours on note un ralentissement rapide de la croissance en hauteur avec les plants des substrats SB et SC et un faible ralentissement au niveau des plants du substrat témoin S0. Du 49^{ième} jours au 56^{ième} jours, exceptés les plants du substrat SA, on note un accroissement

rapide des plants des autres substrats. A la dernière prise de mesure on note une inversion de la tendance observée au 56^{ième} jour.

L'analyse statistique des données (ANOVA) appliquée à la hauteur des plants (Tableau XV) a révélé une différence hautement significative, de la 4^{ième} SAS à la 10^{ième} SAS ($P\text{-value} < 0.01$) entre les moyennes. Le substrat SC a permis d'obtenir les hauteurs les plus élevées des plants de *Gmelina arborea* par rapport aux autres traitements jusqu'à la dixième semaine après le semis ($90,00 \pm 1,00$ cm). A la 10^{ième} SAS, le test statistique concernant ce paramètre, a été significatif ($P\text{-value} < 0,05$) et les traitements se sont répartis en 4 groupes homogènes :

- le SC (Formulation 3) a constitué le premier groupe, avec une moyenne de $90,00 \pm 1,00$ cm;
- le second groupe, englobe les substrats SB (Formulation 4), et SD (Formulation 4), avec, respectivement, $80,17 \pm 2,25$ et $83,17 \pm 0,29$ cm ;
- le troisième concerne le substrat SA (Formulation 2), avec une moyenne de $70,67 \pm 2,08$ cm ;
- le quatrième groupe concerne le témoin S0 avec une hauteur de $58,50 \pm 0,58$ cm.

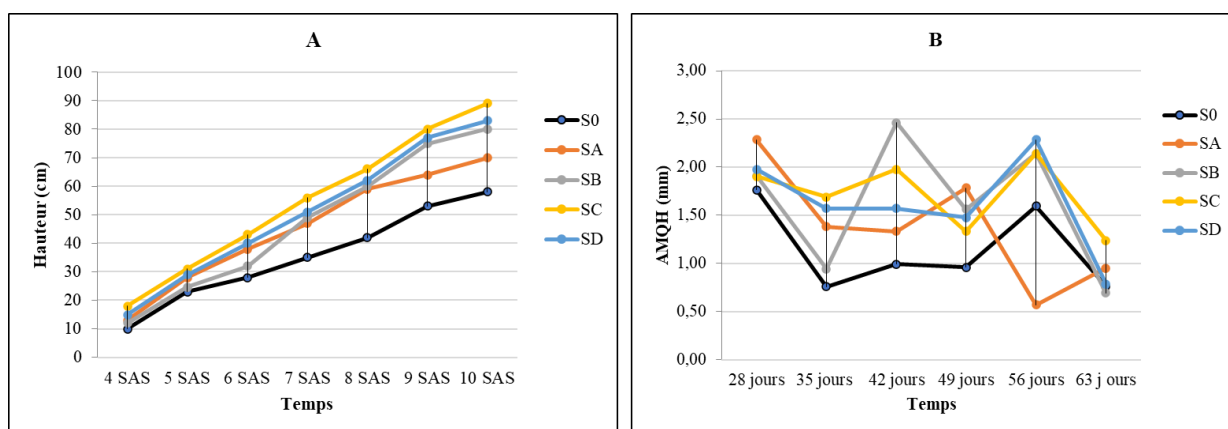


Figure 42: Courbes d'évolution des hauteurs des plants de *Gmelina arborea* (A) en fonction du temps ; Courbes d'évolution des accroissements moyens quotidiens des plants par substrat (B) en fonction du temps

SAS : Semaine Après Semis ; S0 : terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.
AMQH : Accroissement moyen quotidien en hauteur

Tableau XV Comparaison des hauteurs moyennes des plants de *Gmelina arborea* en fonction des substrats

Substrats	Hauteurs moyennes de la partie aérienne (cm)						
	4 SAS	5 SAS	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS
S0	10,67±0,29d	23,03±0,55d	28,33±0,58d	35,27±0,64d	42,00±1,00c	53,17±1,76d	58,50±0,50d
SA	12,50±0,50c	28,50±0,50ab	38,17±1,26b	47,50±1,32c	60,00±1,00b	64,00±1,00c	70,67±2,08c
SB	12,17±0,29c	25,56±0,77c	32,17±0,76c	49,39±0,98bc	60,33±1,53b	75,33±1,53b	80,17±2,25b
SC	18,00±0,50a	31,33±1,53a	43,17±0,76a	57,00±1,00a	66,33±1,53a	81,33±1,53a	90,00±1,00a
SD	15,50±0,50b	29,33±0,58ab	40,33±1,53b	51,33±1,53b	61,67±1,53b	77,67±0,58b	83,17±0,29b
P-value	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan. S0 *: terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.2.2.2. Diamètre au collet des plants de *Gmelina arborea*

Il est ressorti de la figure 43 que la croissance en épaisseur de la tige du *Gmelina* a évolué de façon continue de la 4^{ème} semaine à la 10^{ème} semaine après semis. Elle a varié de 2,96 à 15,05 mm. Les courbes de croissance en épaisseur ont différé selon les substrats. Les substrats SA, SB, SC et SD ont favorisé des croissances plus importantes par rapport au témoin (S0). A la dernière prise de mesure, la croissance maximale en épaisseur a été enregistrée chez les plants du substrat SC (D=15,05 mm). A cette date, les individus du substrat S0 (D=9,00 mm), ont enregistré les plus faibles croissances en épaisseur. Les substrats SB et SD ont présenté la même épaisseur à la 10^{ème} SAS (D= 13,62 mm).

L'analyse statistique des données, réalisée par l'ANOVA sur le diamètre au collet des plants, a révélé une différence hautement significative entre la quatrième et la dixième semaine après semis ($P\text{-value} < 0,01$) (voir Tableau XVI). Les plus grands diamètres ont été observés avec le substrat SC jusqu'à la dixième semaine, atteignant une moyenne de $15,05 \pm 0,15$ mm. A la dernière prise de mesure, le test statistique, concernant ce paramètre a été significatif ($P\text{-value} < 0,01$), ainsi, les substrats se sont répartis en 4 groupes très homogènes :

- le SC (Formulation 3) a constitué le premier groupe avec une moyenne de $15,05 \pm 0,15$ mm ;
- le second groupe, englobe les substrats SB (Formulation 2), et SD (Formulation 4), avec, respectivement, $13,76 \pm 0,22$ et $13,62 \pm 0,04$ mm ;

- le troisième concerne le substrat SA (Formulation 2), avec une moyenne de 12,52 mm ;
- le quatrième groupe concerne le témoin S0 donnant une hauteur de 09,00 mm.

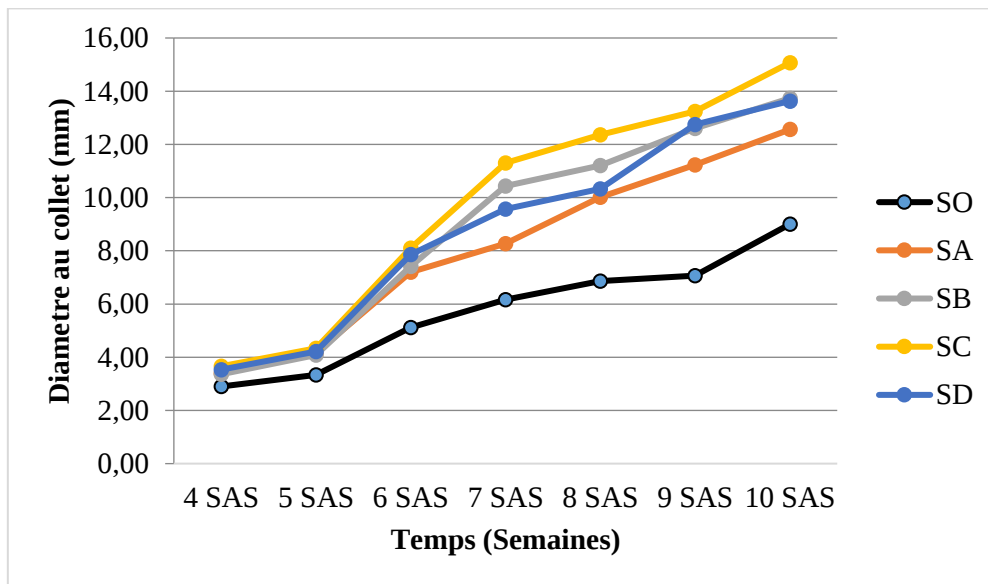


Figure 43: Courbes d'évolution des croissances en épaisseur des tiges de *Gmelina arborea* en fonction du temps

Tableau XVI: Diamètres moyennes des plants de *G arborea*

Substrats	Diamètres Au Collet (mm)						
	4 SAS	5 SAS	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS
S0	2,96±0,05d	3,33±0,02e	5,12±0,02e	6,16±0,02e	6,87±0,03d	7,07±0,07d	9,00±0,25d
SA	3,40±0,08c	4,16±0,02c	7,21±0,02c	8,27±0,02c	10,04±0,07c	11,24±0,04c	12,52±0,39c
SB	3,35±0,04c	4,08±0,03d	7,41±0,02d	10,45±0,11d	11,22±0,03b	12,65±0,05b	13,76±0,22b
SC	3,66±0,02a	4,33±0,02a	8,11±0,01a	11,47±0,46a	12,36±0,36a	13,21±0,09a	15,05±0,15a
SD	3,53±0,03b	4,21±0,02b	7,86±0,03b	9,58±0,07b	10,36±0,29c	12,77±0,23b	13,62±0,04b
P-value	0,000***	0,000**	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivi de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan.. S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.2.2.3. Nombre de feuilles des plants de *Gmelina arborea*

La figure 44 illustre une augmentation progressive du nombre de feuilles, observée de la quatrième à la dixième semaine après semis. Ce nombre a varié en moyenne de 4 à 36 feuilles. Les courbes de croissance ont montré des différences selon les substrats. Les substrats organiques SA, SB, SC et SD ont généré un nombre de feuilles plus élevé par rapport au témoin S0 (terreau). Le nombre maximal de feuilles a été enregistré chez les plants du substrat SC (NF = 36,00), tandis que ceux cultivés dans le substrat S0 (NF = 18,00) ont présenté le plus faible nombre de feuilles lors de la dernière mesure.

L'analyse statistique des données (ANOVA) appliquée au nombre de feuilles des plants de *Gmelina arborea* a révélé une différence très hautement significative entre les moyennes des traitements de la quatrième à la dixième semaine après semis (P-value < 0,001). Parmi les cinq traitements, les composts SC et SD ont favorisé l'émission du plus grand nombre de feuilles sur les plants de *Gmelina arborea* jusqu'à la dixième semaine après semis ($36,00 \pm 2,00$). De plus, les plants de *Gmelina arborea* cultivés sur les substrats SA ($25,00 \pm 1,00$), SB ($30,33 \pm 1,53$) et SD ($27,67 \pm 2,08$) ont montré un nombre de feuilles élevé par rapport au traitement témoin S0 ($7,15 \pm 0,26$). Ainsi, comparativement aux substrats organiques, le terreau couramment utilisé n'a pas été efficace pour favoriser la formation des feuilles des plants de *Gmelina arborea* (voir Tableau XVII).

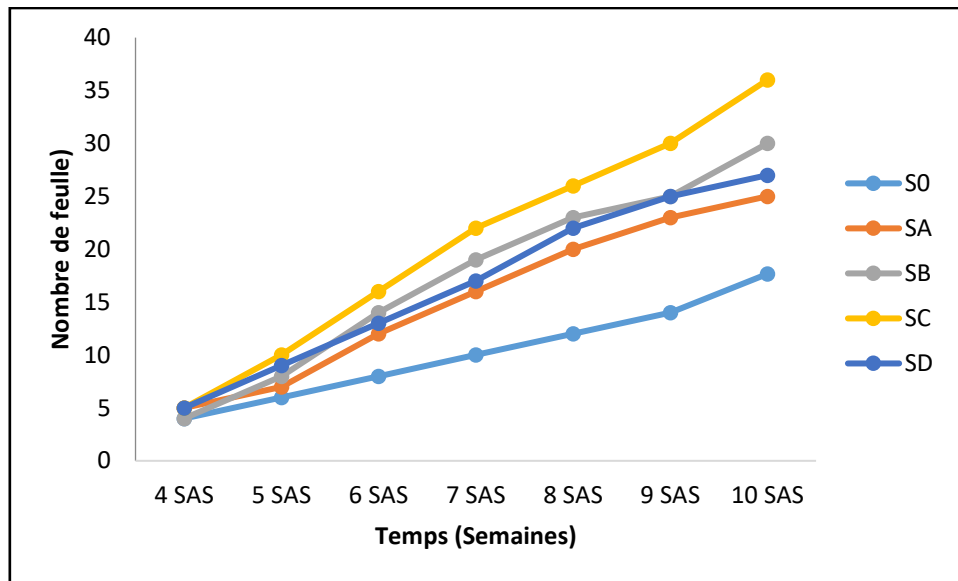


Figure 44: Courbes d'évolution du nombre de feuilles des plants de *Gmelina arborea* en fonction du temps

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

Tableau XVII: Comparaison du nombre de feuilles des plants de *Gmelina arborea* en fonction des substrats

Substrats	Valeurs moyennes des effectifs de feuilles						
	4 SAS	5 SAS	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS
S0	4,00±0,00a	6,00±1,00c	8,33±1,53b	10,00±1,00d	12,00±1,00c	14,33±0,58c	17,67±1,15c
SA	5,00±1,00a	7,00±1,00bc	10,33±1,53b	16,00±1,00c	20,33±1,53b	23,00±1,00b	25,00±1,00b
SB	4,33±0,58a	8,00±1,00abc	14,33±0,58a	19,33±0,58b	23,00±2,00ab	25,33±1,53b	30,33±1,53b
SC	5,33±0,58a	10,00±1,00a	16,00±1,00a	22,33±0,58a	26,33±0,58a	30,67±2,08a	36,00±2,00a
SD	5,33±0,58a	9,00±1,00ab	13,67±1,15a	18,00±1,00bc	22,33±0,58b	25,00±2,00b	27,67±2,08ab
P-value	0,089ns	0,005**	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan.. S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.2.2.4. Surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de *Gmelina arborea*

L'évolution de la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants produits, en fonction du temps sur chacun des substrats (témoin et substrat organique), est illustré par la figure 45. Il ressort des résultats qu'au niveau de ce paramètre, les courbes d'évolution ont présenté les mêmes allures. La surface foliaire des troisièmes feuilles a varié de 7,70 cm² à 70,12 cm² en moyenne, lors de la dernière mesure de la longueur et la largeur des feuilles. Les valeurs les

plus faibles ont été observées chez les plants du substrat S0, avec une surface foliaire des troisièmes feuilles de 45,65 cm², tandis que les valeurs maximales ont été enregistrées avec le substrat SC, atteignant 70,12 cm².

L'analyse statistique des données (ANOVA), sur la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de *Gmelina arborea* a montré qu'il y a une différence très hautement significative entre les moyennes des substrats de la quatrième à la dixième semaine, après semis ($P\text{-value} < 0,001$). Cependant, le substrat SC (70,12±0,03cm²) a permis d'obtenir les surfaces foliaires des troisièmes feuilles des plants de *Gmelina arborea* les plus élevées par rapport aux autres substrats jusqu'à la dixième semaine après semis. En outre, à cette date, les surfaces foliaires des troisièmes feuilles des plants de *Gmelina arborea* sur les substrats SA (62,14±0,15 cm²), SB (65,24±0,08 cm²) et SD (67,36±0,27 cm²) ont été plus élevées par rapport au substrat témoin S0 (Tableau XVIII). Le témoin S0 (45,65±0,12 cm²) n'a pas favorisé un bon développement des feuilles. A la 10ième SAS, le test statistique, concernant ce paramètre a été significatif ($P\text{-value} < 0,05$) et les traitements se sont répartis en 5 groupes homogènes, selon le test de Newman keuls :

- le substrat SC (Formulation 3) a constitué le premier groupe, avec une moyenne de 70,12±0,03 cm² ;
- le second groupe, concerne le substrat SD (Formulation 4), avec une moyenne de 67,36±0,27 cm² ;
- le troisième concerne le substrat SB (Formulation 2), avec une moyenne de 65,24±0,08 cm² ;
- le quatrième groupe concerne le substrat SA donnant une surface foliaire de 62,14±0,15 cm² ;
- le cinquième groupe concerne le substrat S0, avec une moyenne de 45,65±0,12 cm².

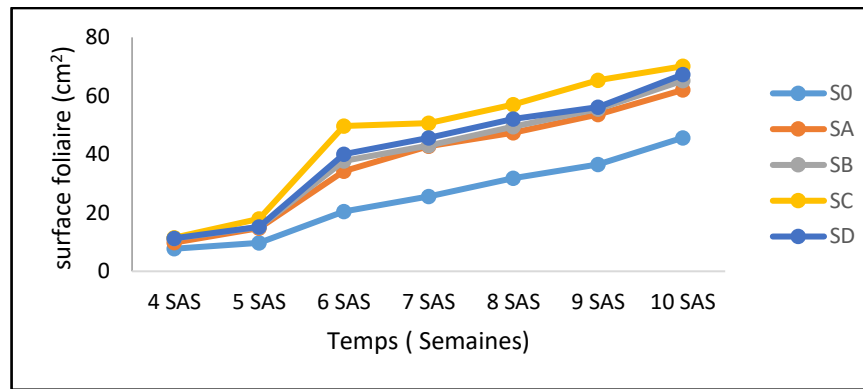


Figure 45: Évolution de la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de *Gmelina arborea*

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

Tableau XVIII : Surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de *Gmelina arborea*

Substrats	SURFACE FOLIAIRE (cm ²)						
	4 SAS	5 SAS	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS
S0	7,70±0,17c	9,74±0,04e	20,54±0,10d	25,65±0,04e	31,83±0,13e	36,55±0,10e	45,65±0,12e
SA	9,88±0,11b	14,74±0,07d	34,25±0,04c	42,82±0,04d	47,46±0,08d	53,65±0,12d	62,14±0,15d
SB	11,29±0,04a	15,09±0,03c	35,72±0,04b	43,08±0,04c	49,49±0,07c	55,58±0,10c	65,24±0,08c
SC	11,53±0,09a	18,00±0,03a	37,98±0,27a	50,66±0,04a	57,07±0,06a	65,30±0,03a	70,12±0,03a
SD	11,41±0,22a	15,23±0,06b	33,06±0,98c	45,64±0,05b	52,13±0,03b	56,13±0,06b	67,36±0,27b
P-value	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan.. S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.2.2.5. Ratio de robustesse des plants

Les tendances et les variations des rapports hauteur/diamètre (H/D) des plants sur différentes semaines après semis (SAS) pour chaque type de substrat sont présentés par la figure 46. Le rapport H/D semble osciller au fil des semaines, avec des variations notables entre les différents substrats. À la 4^e semaine, il semble y avoir une légère augmentation pour tous les substrats, suivie d'une fluctuation. De la 5^e à la 8^e semaine, certaines variations sont plus marquées, indiquant des réponses différentes des plants selon les substrats. À partir de la 9^e semaine, les rapports H/D des substrats organiques (SA, SB, SC, et SD) semblent converger, tandis que S0 reste en retrait. La plupart des substrats montrent une tendance à la stabilité ou à une légère fluctuation autour d'une valeur moyenne au cours des semaines. Le rapport H/D du substrat S0 (témoin) est relativement stable, mais reste au-dessus des autres substrats à plusieurs moments, ce qui pourrait indiquer une croissance moins efficace. Les substrats SA, SB, SC, et SD

montrent des valeurs de rapport H/D généralement plus faible que S0, en particulier SD, qui semble maintenir les valeurs les plus élevées à partir de la 5e semaine jusqu'à la 10e semaine.

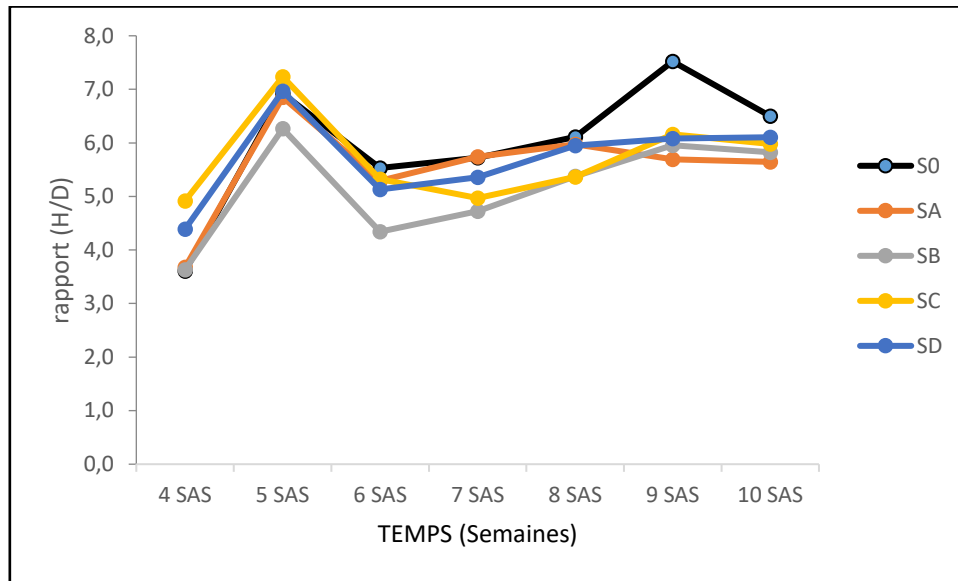


Figure 46: Courbe des ratios de robustesse des plants de *Gmelina arborea* en fonction du temps

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D, SAS : semaine après semis

8.2.2.2.6. Rapport biomasse tige /biomasse racine

Le graphique présente deux types de rapports de biomasse : MSA/MSR (Matière sèche aérienne/Matière sèche racinaire) en bleu et MFA/MFR (Matière fraîche aérienne/Matière fraîche racinaire) en orange pour chaque type de substrat (S0, SA, SB, SC, et SD) (Figure 47). Le rapport MSA/MSR (en bleu), qui pourrait représenter une mesure de la biomasse aérienne par rapport à la biomasse racinaire, montre une tendance ascendante avec les substrats organiques, particulièrement marquée pour SD (1,78). Quant au rapport MFA/MFR (en orange), qui pourrait représenter également une autre dimension de la biomasse, suit une tendance similaire, mais avec des valeurs légèrement inférieures par rapport à MSA/MSR pour les substrats S0 et SC.

Les valeurs des rapports de biomasse varient selon les substrats, ce qui suggère des différences significatives dans la croissance des plants en fonction du type de substrat utilisé. Au niveau du rapport MFA/MFR, le substrat S0 (témoin) montre les valeurs les plus faibles pour les deux types de rapport de biomasse, soit 0,82. Pour les autres substrats, les valeurs de ce paramètre se situent à entre 1,15 et 1,56. Avec le substrat SA (1,15) un rapport pas loin de l'équilibre s'est installé, entre les deux systèmes. Quant au rapport MSA/MSR la valeur la plus faible est notée au niveau du substrat S0 (0,90). Les valeurs du rapport MSA/MSR sont

comprises entre 0,5 et 2. Au niveau du substrat SA (1,12) un rapport pas loin de l'équilibre s'est installé, entre les deux systèmes. Les rapports des substrats SB et SC ont été, respectivement, de 1,56 et 1,33. Les substrats organique SA, SB, SC, et SD présentent des valeurs de rapport de biomasse supérieures à celles du témoin, avec SD affichant les valeurs les plus élevées pour les deux rapports. La valeur la plus importante est enregistrée par le traitement SB (1,51). La valeur la plus faible est notée au niveau du substrat S0 (0,82). Cela suggère que les substrats organiques favorisent une meilleure croissance.

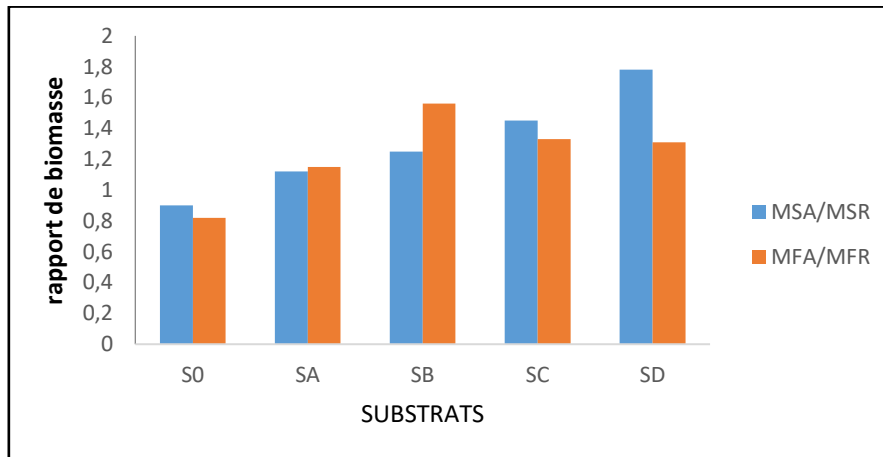


Figure 47: Histogrammes des rapport biomasse tiges / racines en fonction des substrats

S0: Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D. MFA : masse fraîche aérienne, MFR : masse fraîche racinaire, MSA : masse sèche aérienne, MSR : masse sèche racinaire

8.2.2.3. Cas de *Terminalia ivorensis* A. chev

8.2.3.1. Hauteur des plants

La figure 48A montre comment les plants de *Terminalia ivorensis* évoluent en hauteur pendant leur cycle de développement en pépinière sur divers substrats, de la quatrième semaine après le semis (SAS) à la dixième semaine après le semis. Les courbes indiquent une augmentation significative de la hauteur des plants au fil des semaines, avec des différences notables entre les substrats. Tous les substrats montrent une tendance à la croissance, mais à des taux différents. Il ressort des résultats que les plants de *Terminalia ivorensis* ont une croissance très rapide. Ainsi, la hauteur moyenne des plants a varié de 4 à 17 cm, en pépinière, de la 4^{ème} semaine à la 10^{ème} semaine après semis, au niveau des substrats. Le substrat S0 (témoin) présente la croissance la plus lente, atteignant environ 10 cm à la 10e semaine. Les substrats SA et SB montrent une croissance intermédiaire, avec des hauteurs atteignant respectivement environ 12 cm et 11 cm à la 10e semaine. Ils semblent favoriser une croissance modérée. Quant aux substrats SC et SD, ils affichent les meilleures performances, atteignant respectivement environ 16 cm et 18 cm à la 10e semaine. Cela indique une stimulation

significative de la croissance, probablement due à des nutriments ou à des conditions de substrat plus favorables. De tous les substrats, les substrats organiques SA, SB, SC et SD ont favorisé des croissances plus importantes par rapport au témoin S0 (terreau), pendant toute la période de mesure. A la dernière prise de mesure, c'est à dire 10 SAS, la plus grande hauteur a été enregistrée chez les plants du substrat SC (H=16,9 cm).

La figure 48B indique les accroissements moyens quotidiens en hauteur par substrat. Il est remarqué une alternance de phase de décélération (ralentissement) et d'accroissement rapide chez les plants des substrats organique. Du 28^{ième} au 63^{ième} jours, on observe une augmentation rapide et constante des plants issu du terreau forestier, avec des gains quotidiens qui ont variée de 0,7 à 3,7 mm/j. Chez les plants des substrats SC, bien qu'enregistrant des alternances de phases de décélérations et d'accroissements, on a noté des gains moyens quotidiens supérieur à ceux des plants des autres substrats durant toute la période d'observation. Toutefois, d'un gain quotidien de 4,0 mm/j au 28^{ième}, on note une baisse jusqu'au 63^{ième} jour, avec AMQH=3,1 mm/j. L'analyse statistique des données (ANOVA), appliqué à hauteur des plants, n'a révélé aucune différence significative entre les moyennes à la première prise de mesure, c'est dire à 4 SAS. Dès la 5^{ième} semaine après semis, l'analyse statistique des données sur la hauteur des plants a mis en évidence une disparité très importante jusqu'à la 10^{ième} SAS ($P\text{-value} < 0.01$). Le substrat SC a favorisé les hauteurs des plants de *T. ivorensis* les plus élevées par rapport aux autres traitements jusqu'à la dixième semaine après semis ($16,88 \pm 0,35$ cm). A la 10 SAS. Le test statistique, concernant ce paramètre, a été significatif ($P\text{-value} < 0,05$) et les traitements se sont répartis en 4 groupes homogène (Tableau XIX) :

- le SC (Formulation 3) a constitué le premier groupe, avec une moyenne de $16,88 \pm 0,35$ cm ;
- le second groupe, englobe les substrats SB (Formulation 4), et SD (Formulation 4) avec, respectivement, $12,78 \pm 0,98$ et $13,23 \pm 0,83$ cm ;
- le troisième concerne le substrat SA (Formulation 2), avec une moyenne de $11,22 \pm 0,76$ cm ;
- le quatrième groupe concerne le témoin S0 donnant une hauteur de $9,56 \pm 2,04$ cm.

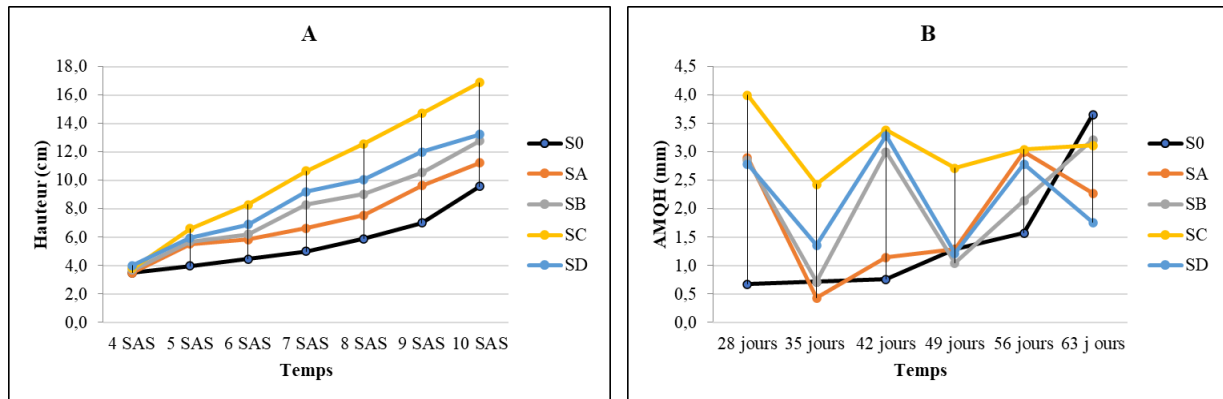


Figure 48: Courbes d'évolution des hauteurs des plants de *Terminalia ivorensis* (A) en fonction du temps ; Courbes d'évolution des accroissements moyens quotidiens des plants par substrat (B) en fonction du temps

Tableau XIX : Comparaison des moyennes des hauteurs en fonction des substrats

Substrats	Hauteurs Moyennes De La Partie Aérienne (cm)						
	4 SAS	5 SAS	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 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	9,56±2,04 ^d
SA	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}	11,22±0,76 ^c
SB	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}	12,78±0,98 ^b
SC	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	16,88±0,35 ^a
SD	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}	13,23±0,83 ^b
P-value	0,053^{ns}	0,000^{**}	0,0000^{**}	0,000^{**}	0,000^{**}	0,000^{**}	0,000[*]

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan. S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.2.3.2. Diamètre de la tige *Terminalia ivorensis* A. chev

La Figure 49 montre que la croissance en épaisseur des tiges des plants de *T. ivorensis* a évolué de manière continue de 4 SAS à 10^{ème} SAS. Elle a varié de 1,21 à 4,22 mm pendant cette période de mesure d'études. Les courbes illustrent une augmentation progressive du diamètre au collet des plants au fil des semaines, avec des variations notables entre les différents substrats. Tous les substrats montrent une tendance à la croissance, mais les taux de croissance varient considérablement. À partir de la 4^e semaine, tous les substrats commencent à montrer une augmentation, mais SC et SD commencent à se démarquer dès la 6^e semaine. La croissance en diamètre semble s'accélérer pour SC et SD, ce qui pourrait être dû à une meilleure disponibilité des nutriments ou à des conditions de croissance optimales. Le substrat S0 (témoin) présente la plus faible croissance, atteignant environ 1,5 mm à la 10^e semaine. Cette

performance suggère une efficacité inférieure en ce qui concerne le développement du diamètre. Les substrats SA et SB montrent une croissance intermédiaire, atteignant respectivement environ 2,0 mm et 2,2 mm à la 10^e semaine. Ils favorisent une croissance modeste, mais restent inférieurs aux substrats SC et SD.

L'analyse statistique des données (ANOVA), appliqué au diamètre au collet des plants (Tableau XX), a montré une différence hautement significative, de la quatrième semaine après semis à la dixième semaine après semis ($P\text{-value} < 0,01$). Les substrats SC ($4,25 \pm 0,05$ mm) et SD ($4,22 \pm 0,03$) ont favorisé les diamètres au collet des plants de *T. ivorensis* les plus élevées par rapport aux autres substrats jusqu'à la 10ⁱème semaine après semis. A la dernière prise de mesure, le test statistique, concernant ce paramètre, a été significatif ($P\text{-value} < 0,01$), ainsi les substrats se sont répartis en 4 groupes très homogène :

- le premier groupe englobe les substrats SC (Formulation 3) et SD (Formulation 4), avec, respectivement, $4,25 \pm 0,05$ et $4,22 \pm 0,03$ mm ;
- le second groupe concerne le substrat SB (Formulation 2), avec une moyenne de $3,16 \pm 0,04$ mm ;
- le troisième concerne le substrat SA (Formulation 1), avec une moyenne de $2,52 \pm 0,04$ mm ;
- le quatrième groupe concerne le témoin S0 donnant un diamètre de $1,99 \pm 0,13$ mm.

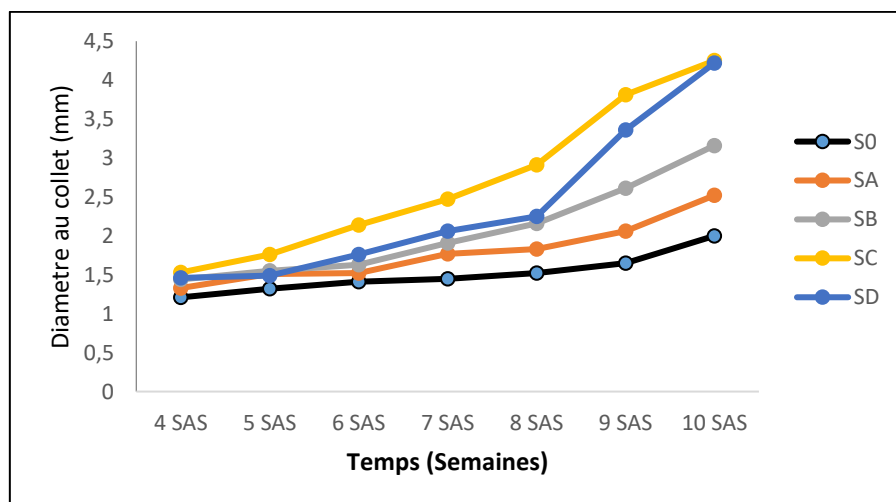


Figure 49: Courbes d'évolution des diamètres au collet des jeunes plants de *Terminalia ivorensis* sur les différents substrats en fonction du temps

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D. SAS : semaine après semis

Tableau XX: Comparaison des moyennes des diamètres en fonction des substrats

Substrats	Diamètres Au Collet (mm)						
	4 SAS	5 SAS	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS
S0	1,21±0,02d	1,32±0,03c	1,41±0,03e	1,45±0,05e	1,52±0,03e	1,65±0,01e	1,99±0,13d
SA	1,33±0,04c	1,51±0,03b	1,52±0,04d	1,77±0,02d	1,84±0,05d	2,05±0,06d	2,52±0,04c
SB	1,44±0,05b	1,55±0,05b	1,63±0,05c	1,91±0,10c	2,16±0,04c	2,62±0,04c	3,16±0,04b
SC	1,53±0,03a	1,76±0,03a	2,14±0,04a	2,47±0,02a	2,93±0,06a	3,81±0,08a	4,25±0,05a
SD	1,46±0,02b	1,49±0,03b	1,76±0,04b	2,08±0,11b	2,25±0,02b	3,36±0,03b	4,22±0,03a
P-value	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

. Les moyennes de chaque paramètre suivi de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan. S0 : Terreau, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.2.3.3. Nombre de feuilles des plants de *Terminalia ivorensis* A. Chev

La figure 50 a montré que le nombre de feuilles a augmenté de façon progressive de la 4^{ième} semaine à la 10^{ième} semaine après semis. Le nombre de feuilles a varié de 2 à 13,67, pendant la période d'étude. À partir de la 4^e semaine, tous les substrats montrent une tendance à la hausse, mais SC et SD commencent à se démarquer, surtout à partir de la 6^e semaine. La croissance du nombre de feuilles semble s'accélérer pour SC et SD, ce qui pourrait indiquer une meilleure réponse des plants à ces substrats. Le substrat S0 (témoin) présente le nombre le plus faible de feuilles, atteignant environ 10 feuilles à la 10^e semaine. Cela suggère une efficacité réduite pour favoriser le développement foliaire. Les substrats SA et SB montrent une croissance intermédiaire, atteignant respectivement 12,33 et 12,67 feuilles à la 10^e semaine. Bien qu'ils soient meilleurs que S0, ils restent inférieurs aux substrats SC et SD. Quant aux substrats SC et SD, ils affichent les meilleures performances, atteignant environ 14 et 13 feuilles à la 10^e semaine.

L'analyse statistique des données (ANOVA), sur le nombre de feuille des plants (Tableau XXI) n'a révélée aucune différence significative entre les moyennes à la première prise de mesure c'est à dire 4 SAS. A partir de la 5^{ième} semaine après semis, l'analyse statistique des données révèle une différence hautement significative jusqu'à la 10^{ième} SAS ($P\text{-value} < 0,01$). Le substrat SC a favorisé parmi les 5 substrats, l'émission du plus grand nombre de feuilles sur les plants de *T. ivorensis* jusqu'à la dixième semaine après semis (13,67±0,58). De plus, les plants de *T. ivorensis* sur les substrats SA (12,33±0,58), SB (12,67±0,58) et SD (13,67±0,58) ont eu de nombreuses feuilles par rapport au témoin S0 (10,33±0,58). Ainsi comparativement aux substrats organiques, le terreau forestier, couramment utilisé, n'a pas agi efficacement dans la formation des feuilles des plants de *T. ivorensis*.

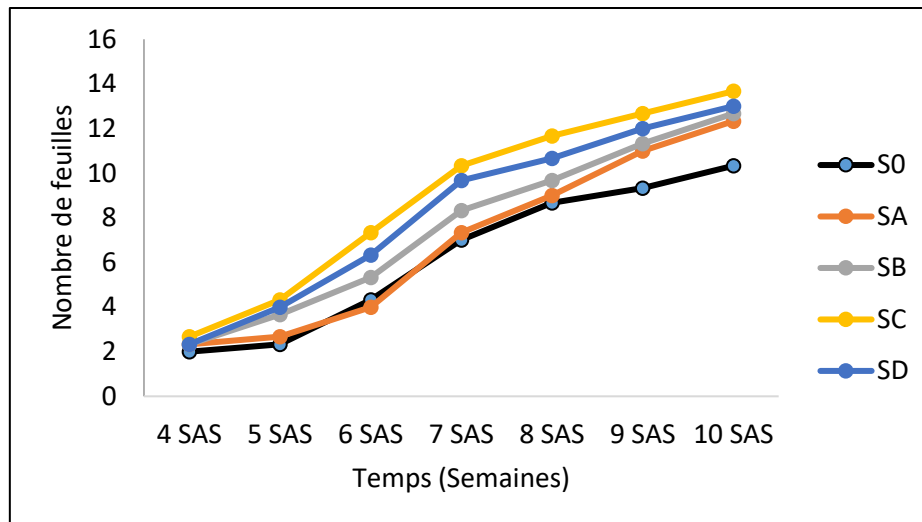


Figure 50: Courbes d'évolution du nombre de feuilles des plants de *Terminalia ivorensis* sur les différents substrats

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D. SAS : semaines après semis

Tableau XXI : Comparaison des effectifs moyennes de feuilles des plants de *T. ivorensis* en fonction des substrats

Substrats	Valeurs moyennes des effectifs de feuilles						
	4 SAS	5 SAS	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS
S0	2,00±0,00a	2,33±0,58b	4,33±0,58c	7,00±0,00c	8,67±0,58c	9,33±0,58c	10,33±0,58c
SA	2,33±0,58a	2,67±0,58b	4,00±0,00c	7,33±0,58c	9,00±0,00c	11,00±0,00b	12,33±0,58b
SB	2,33±0,58a	3,67±0,58a	5,67±0,58b	8,33±0,58b	9,67±0,58c	11,33±0,58b	12,67±0,58ab
SC	2,67±0,58a	4,33±0,58a	7,33±0,58a	10,33±0,58a	11,67±0,58a	12,67±0,58a	13,67±0,58a
SD	2,33±0,58a	4,00±0,00a	6,33±0,58b	9,67±0,58a	10,67±0,58b	12,00±0,00ab	13,00±0,00ab
P-value	0,655ns	0,003**	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

Les moyennes de chaque paramètre suivi de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan. S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D. SAS : semaines après semis

8.2.3.4. Surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de *Terminalia ivorensis* A. chev

La Figure 51 montre que la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants produits en fonction du temps sur chacun des substrats (témoin et substrat organique). La surface foliaire des troisièmes feuilles a varié entre 2,13 cm² et 23,22 cm² en moyenne de la 4^{ème} SAS à la dixième semaine après semis (Tableau XXII). Les courbes indiquent une augmentation continue de la surface foliaire au fil des semaines, avec des variations notables entre les substrats. Tous les substrats montrent une tendance à la croissance, mais à des rythmes

différents. La valeur minimale de $13,09 \pm 0,03 \text{ cm}^2$ a été enregistrée au niveau des substrats S0. Les substrats SA et SB présentent une croissance intermédiaire, atteignant respectivement environ 15 cm^2 et 16 cm^2 à la 10e semaine. Bien qu'ils montrent une meilleure performance que S0, ils restent en deçà des substrats SC et SD. Les substrats SD et SC affichent les meilleures performances, atteignant respectivement environ 22 cm^2 et 24 cm^2 à la 10e semaine. Cela indique une stimulation significative de la surface foliaire, probablement grâce à une disponibilité élevée en nutriments et à des conditions de croissance favorables.

Le Tableau XXII présente les analyses de variance des données (ANOVA) sur la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de *Terminalia ivorensis*. Les données sur la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants ont montré qu'il y a une différence très hautement significative entre les substrats, de la quatrième à la dixième semaine après semis ($P\text{-value} < 0,001$). Le compost SC a favorisé les surfaces foliaires des troisièmes feuilles des plants de *T. ivorensis*, les plus grandes par rapport aux autres substrats, jusqu'à la dixième semaine après semis ($23,22 \pm 0,03 \text{ Cm}^2$). De plus, à cette date, les surfaces foliaires des troisièmes feuilles des plants de *T. ivorensis* sur les substrats SA ($19,35 \pm 0,02$), SB ($13,47 \pm 0,06$) et SD ($21,32 \pm 0,21$) ont eu de nombreuses feuilles par rapport au témoin S0. Le témoin S0 ($17,54 \pm 0,06 \text{ Cm}^2$) a favorisé moyennement la longueur et la largeur des troisièmes feuilles. A cette date, le test statistique, concernant ce paramètre, a été significatif ($P\text{-value} < 0,05$) et les traitements se sont répartis en 5 groupes homogènes :

- le SC (Formulation 3) a constitué le premier groupe, avec une moyenne de $23,22 \text{ cm}^2$;
- le second groupe, concerne le substrat SD, avec une moyenne de $21,32 \text{ cm}^2$;
- le troisième concerne le substrat SA (Formulation 2), avec une moyenne de $19,35 \text{ cm}^2$;
- le quatrième groupe concerne le substrat SB, avec une moyenne de $13,47 \text{ cm}^2$;
- le cinquième groupe concerne le témoin S0, avec une moyenne de $13,09 \text{ cm}^2$.

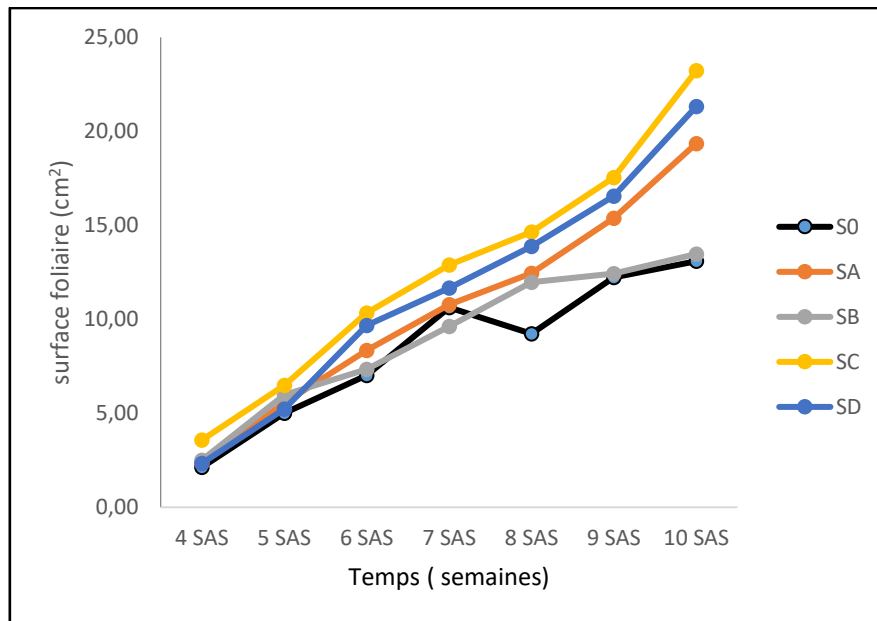


Figure 51: Courbes d'évolution de la surface foliaire des troisièmes feuilles des plants de *Terminalia ivorensis* en fonction du temps

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

Tableau XXII: Comparaison des moyennes des surfaces foliaires en fonction des substrats

Substrats	Valeurs moyennes des surfaces foliaires (cm ²)						
	4 SAS	5 SAS	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS
S0	2,13±0,03c	5,00±0,15e	7,01±0,02d	10,63±0,39c	9,22±0,06e	12,22±0,06e	13,09±0,03e
SA	2,35±0,03bc	5,54±0,03c	8,34±0,08c	10,78±0,39c	12,44±0,13c	15,37±0,02c	19,35±0,02c
SB	2,51±0,17b	5,98±0,02b	7,33±0,58c	9,62±0,06d	11,98±0,02d	12,43±0,05d	13,47±0,06d
SC	3,57±0,19a	6,49±0,01a	10,33±0,01a	12,89±0,04a	14,65±0,32a	17,54±0,04a	23,22±0,03a
SD	2,33±0,03bc	5,23±0,01d	9,60±0,01b	11,67±0,58b	13,89±0,03b	16,56±0,06b	21,32±0,21b
P-value	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan. S0 : terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.2.3.5. Ratio de robustesse des plants de *T. ivorensis*

La figure 52 rend compte des résultats obtenus concernant le ratio de robustesse des jeunes plants de *T. ivorensis* produits sur chaque substrat de culture étudié durant les 7 relevés de croissance mis en œuvre. Le rapport H/D reste relativement stable au fil des semaines, avec des fluctuations mineures entre les différents substrats. Cette stabilité indique que la croissance en hauteur et en diamètre des plants est assez équilibrée, sans variations extrêmes. Le ratio de robustesse des plants de *T. ivorensis*, de chaque substrat, de la quatrième à la dixième SAS, a varié de 2,48 cm/mm à 4,78 cm/mm. À partir de la 6e semaine, SC et SD commencent à montrer

une légère tendance à l'augmentation du rapport H/D, ce qui pourrait indiquer une meilleure réponse des plants à ces substrats. Les fluctuations pour les autres substrats (SA et SB) sont moins marquées, montrant une réponse plus stable mais moins dynamique. Le substrat S0 (témoin) présente un rapport H/D qui oscille autour de 3,5. Les substrats SA et SB affichent des rapports H/D légèrement supérieurs, autour de 3,8 et 4,0, respectivement. Cela suggère un léger avantage en termes de croissance par rapport à S0. Les substrats SC et SD montrent les meilleurs rapports H/D, atteignant environ 4,2 et 4,5. Cela indique une croissance plus favorable, où les plants parviennent à croître en hauteur tout en maintenant un diamètre adéquat

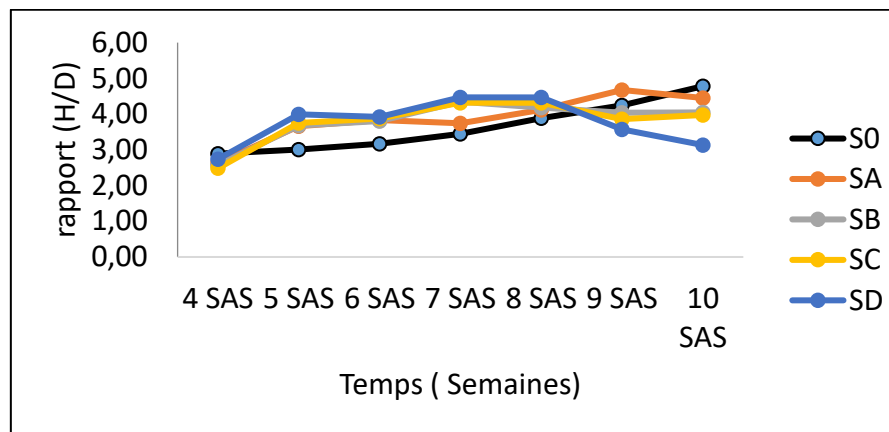


Figure 52: Courbes des ratios de robustesse des plants de *Terminalia ivorensis* sur les différents substrats en fonction du temps

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

8.2.3.6. Rapport biomasse tige /biomasse racine

La figure 53 présente le rapport MSA/MSR (Matière sèche aérienne/Matière sèche racinaire) en bleu et MFA/MFR (Matière fraîche aérienne/Matière fraîche racinaire) en orange pour chaque type de substrat (S0, SA, SB, SC, et SD). Il compare les rapports MSA/MSR et MFA/MFR entre différents substrats. Ces rapports sont des indicateurs clés de la répartition de la biomasse dans la plante, reflétant l'équilibre entre la croissance des parties aériennes et des racines. Le substrat S0 présente les rapports MSA/MSR et MFA/MFR les plus faibles soit respectivement 0,81 et 0,86. Les substrats SA et SB montrent une amélioration modérée des rapports MSA/MSR et MFA/MFR par rapport à S0 substrat SC et SD, ils Affichent les rapports MSA/MSR et MFA/MFR les plus élevés. Cela suggère que ces substrats favorisent une allocation de biomasse plus importante vers les tiges et les racines.

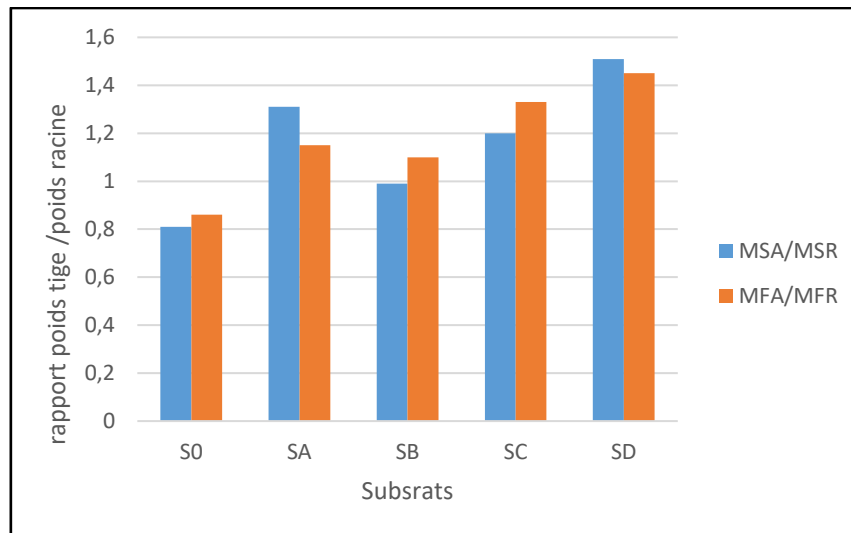


Figure 53: Rapport biomasse tige / biomasse racine

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D. MFA : masse fraîche aérienne, MFR : masse fraîche racinaire, MSA : masse sèche aérienne, MSR : masse sèche racinaire

8.3. Effet de l'interaction espèces-substrats sur les paramètres agromorphologiques

Le tableau XXIII résume l'ensemble des différentes interactions sur les paramètres agronomiques. Les résultats obtenus relèvent que l'interaction (espèces*substrats) n'a pas influencé significativement tous les paramètres étudiés. Ainsi, quelle que soit l'espèce (*T. ivorensis*, *T. superba* et *G. arborea*), on note une prédominance des substrats organiques. Les plus grandes valeurs agronomiques sont obtenues avec le substrat SC. L'espèce *T. ivorensis* sur le substrat SC a donné les plus grandes valeurs, à savoir, $8,95 \pm 0,46$, $10,46 \pm 0,12$ cm, $12,67 \pm 0,07$ cm² et $2,70 \pm 0,03$ mm, respectivement, avec le nombre de feuille, la hauteur, la surface foliaire et le diamètre. Le substrat SC appliqué à l'espèce *G. arborea* a donné les plus grandes valeurs sur l'ensemble des paramètres étudiés, comparativement au témoin S0 (terreau). Il en est de même pour les deux autres espèces (*T. superba* et *T. ivorensis*). Par ailleurs, au niveau des trois espèces, les substrats organiques ont donné les meilleures valeurs agronomiques, comparativement au terreau S0. Ainsi, indépendamment des espèces, les substrats organiques, résultant du compostage de résidus sylvicoles et agricoles, a amélioré la croissance des essences forestières. Toutefois, la comparaison des valeurs optimales de chaque paramètre, obtenues avec le substrat SC, a révélé que celui-ci a présenté les meilleures aptitudes au développement des semis. Les plus petites valeurs ont été observées au niveau du témoin de l'espèce *T. superba*

Tableau XXIII : Analyse comparée des effets des substrats sur les trois espèces cibles

Espèces	Valeurs moyennes des paramètres Agronomiques				
	Substrats	NF	HTR (cm)	SF (cm ²)	Diam (mm)
<i>T. ivorensis</i>	S0	6,29±0,29h	5,67±0,09h	8,47±0,09i	1,51±0,02i
	SA	6,95±0,22gh	7,13±0,03i	10,60±0,07h	1,79±0,00h
	SB	7,67±0,50fg	8,05±0,05ef	9,05±0,07hi	2,07±0,00g
	SC	8,95±0,46e	10,46±0,12g	12,67±0,07ef	2,70±0,03e
	SD	8,29±0,25ef	8,79±0,03ef	11,53±0,09g	2,38±0,01ef
<i>T. superba</i>	S0	4,67±0,22i	7,45±0,49i	11,15±0,04g	2,09±0,03g
	SA	4,54±0,07i	7,85±0,19i	9,67±0,03i	2,24±0,04f
	SB	4,65±0,36i	7,71±0,30i	11,16±0,10g	2,28±0,03f
	SC	5,55±0,17i	8,61±0,46ef	16,79±0,03e	2,54±0,03e
	SD	4,70±0,37i	7,63±0,32i	12,52±0,02ef	2,37±0,00ef
<i>G. arborea</i>	S0	10,37±0,86d	35,85±0,22d	25,38±0,04d	5,79±0,03d
	SA	15,24±0,46c	45,91±0,58c	37,85±0,06c	8,12±0,05c
	SB	17,81±0,54b	47,87±0,82b	39,35±0,03b	8,99±0,03b
	SC	20,95±0,41a	55,31±0,57a	44,38±0,04a	9,74±0,02a
	SD	17,29±0,87b	51,29±0,69b	40,14±0,17b	8,85±0,10b
	F	431,56	6774,28	99400,69	21662,25
	P	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan.. S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.

NF : nombre de feuille, SF : surface foliaire, HTR : hauteur, Diam : diamètre

8.4. Relation entre les paramètres de croissance des plantes cibles et les paramètres chimiques des substrats

8.4.1. Cas du *Terminalia ivorensis* A. chev

Le test de Pearson n'a pas révélé de corrélations significatives ($r < 0,50$) entre les paramètres chimiques des substrats et l'indice de robustesse des plants de *T. ivorensis*. Il en est de même avec la capacité d'échange cationique (CEC), la hauteur, le diamètre, le nombre de feuilles et la surface foliaire (Tableau XXIV). Cependant, on note une forte corrélation positive entre les paramètres chimiques, à savoir, la teneur en calcium, en magnésium, en azote, le carbone total, en matière organique et les paramètres agronomiques (hauteur, diamètre, nombre de feuilles surface foliaire) des plants.

Tableau XXIV : Coefficients de corrélation entre les paramètres de croissance du *T. ivorensis* et les paramètres chimiques des substrats

Paramètres chimiques des substrats	Paramètres de croissance				
	Hauteur (cm)	Diamètre (mm)	NF	SF (cm ²)	H/D (cm/mm)
CEC (cmol/kg)	0,39	0,48	0,46	0,13	-0,24
Ca (mg/kg)	0,85*	0,80*	0,79*	0,74*	0,13
Mg (mg/kg)	0,56*	0,55*	0,54*	0,11	0,38
K (mg/kg)	0,81*	0,77*	0,76*	0,56*	-0,10
N (mg/kg)	0,97*	0,94*	0,91*	0,83*	-0,26
Cot (%)	0,82*	0,78*	0,77*	0,72*	-0,34
M.org (%)	0,83*	0,79*	0,77*	0,73*	-0,35

*Indique une corrélation significative au seuil de 5 p.c.

NF :Nombre de feuille, SF : Surface foliaire, H : Hauteur, D : Diamètre

84.2. Cas du *Terminalia superba* Engl. & Diels

Le test de Pearson n'a pas révélé de corrélations significatives ($r < 0,50$) entre les paramètres chimiques des substrats et l'indice de robustesse des plants de *T superba*, il en est de même avec la CEC, la hauteur le diamètre, et le nombre de feuilles (Tableau XXV). Cependant, au niveau de la hauteur, on note une forte corrélation positive avec les paramètres chimiques, à savoir, la teneur en calcium, en azote et en potassium. Quant au diamètre, on note une corrélation positive avec tous les autres paramètres chimiques étudiés. Concernant le nombre de feuille et la surface foliaire, on note une corrélation avec la teneur en calcium, en magnésium, en azote et en CEC.

Tableau XXV: Coefficients de corrélation entre les paramètres de croissance du *T. superba* et les paramètres chimiques des substrats

Paramètres chimiques des substrats	Paramètres de croissance				
	Hauteur (cm)	Diamètre (mm)	NF	SF (cm ²)	H/D (cm/mm)
CEC(cmol/kg)	0,05	0,34	0,38	0,60*	-0,38
Ca (mg/kg)	0,84*	0,88*	0,78*	0,76*	-0,09
Mg (mg/kg)	0,41	0,52*	0,58*	0,64*	-0,15
K (mg/kg)	0,53*	0,79*	0,40	0,46	-0,36
N (mg/kg)	0,63*	0,95*	0,55*	0,68*	-0,45
Cot (%)	0,48	0,79*	0,30	0,37	-0,44
M.org (%)	0,49	0,80*	0,30	0,37	-0,43

*Indique une corrélation significative au seuil de 5 p.c.

NF : Nombre de feuille, SF : Surface foliaire, H : Hauteur, D : Diamètre

8.4.3. Cas de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.

Le test de Pearson n'a pas révélé de corrélations significatives ($r < 0,50$) entre les paramètres agronomiques des plants et la CEC. On note une forte corrélation positive entre les paramètres chimiques, à savoir, la teneur en calcium, en potassium, en magnésium, en azote, en carbone total et en matière organique et les paramètres agronomiques des plants. Cependant, on note une forte corrélation négative entre les indices de robustesse (H/D) et les paramètres chimiques, que sont le potassium, l'azote, le carbone totale et le taux de matière organique. (Tableau XXVI)

Tableau XXVI: Coefficients de corrélation entre les paramètres de croissance du *G. arborea* et les paramètres chimiques des substrats

Paramètres chimiques des substrats	Paramètres de croissance				
	Hauteur (cm)	Diamètre (mm)	NF	SF (cm ²)	H/D (cm/mm)
CEC(cmol/kg)	0,23	0,16	0,24	0,08	0,15
Ca (mg/kg)	0,81*	0,80*	0,87*	0,80*	-0,48
Mg (mg/kg)	0,41	0,47	0,57*	0,38	-0,41
K (mg/kg)	0,86*	0,92*	0,92*	0,90*	-0,79*
N (mg/kg)	0,98*	0,97*	0,98*	0,98*	-0,65*
Cot (%)	0,93*	0,97*	0,91*	0,98*	-0,79*
M.org (%)	0,93*	0,97*	0,91*	0,98*	-0,78*

*indique une corrélation significative au seuil de 5 p.c.

NF : nombre de feuille, SF : surface foliaire, H : hauteur, D : diamètre

Chapitre 9 : Capacité de régénération racinaire et reprise des plants après transplantation

9.1. Capacité de régénération racinaire

9.1.1. Cas de *Terminalia superba* Engl. & Diels

Le tableau XXVII montre les résultats concernant l'apparition de racines en dehors de la motte chez les plants de *Terminalia superba* issus des cinq substrats après leur repiquage avec la motte dans le sol en pot. Toutes les racines ont émergé à l'extérieur de la motte initiale lors de l'évaluation de la capacité de régénération racinaire (Figure 54). Le nombre de nouvelles racines émises, a varié entre $22,00 \pm 1,00$ et $30,67 \pm 0,58$. Entre les cinq substrats, le nombre le plus élevé, de racines émises a été enregistré dans les substrats SC, avec environ 31 nouvelles racines. Les meilleures elongations ont été obtenus chez les plants des substrats organiques, comparativement au témoin terreau forestier, avec des moyennes variant de $32,00 \pm 1,00$ à $34,33 \pm 1,53$ cm, contre $23,00 \pm 1,73$ cm chez les plants du témoin. Les nouvelles matières sèches racinaires produites ont été alors de $1,43 \pm 0,18$ à $1,51 \pm 0,04$ g pour les plants cultivés dans les substrats organiques, contre 1,00 g pour les plants du témoin.

L'analyse statistique des données (ANOVA) sur le nombre de nouvelles racines émises a mis en évidence une disparité ($P\text{-value} < 0,05$) entre les substrats. Il en est de même pour la longueur des racines et la biomasse totale racinaire. Les plants, issus du substrat SC, se sont montrés plus performants, concernant l'évaluation de la capacité de régénération racinaire des plants de *Terminalia superba*.

Tableau XXVII : Capacité de régénération racinaire des plants de *Terminalia superba* en fonction des substrats

Substrats	Capacite de régénération racinaire		
	Nombre de racines émise	Longueur moyenne (cm)	Biomasse totale (g)
S0	$22,00 \pm 1,00c$	$23,00 \pm 1,73b$	$1,00 \pm 0,04b$
SA	$24,67 \pm 1,06b$	$32,00 \pm 1,00a$	$1,43 \pm 0,18a$
SB	$25,67 \pm 1,53b$	$33,00 \pm 2,00a$	$1,38 \pm 0,11a$
SC	$30,67 \pm 0,58a$	$34,33 \pm 1,53a$	$1,51 \pm 0,04a$
SD	$25,33 \pm 1,53b$	$32,67 \pm 1,53a$	$1,48 \pm 0,14a$
P value	0,001**	0,022**	0,002**

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan. S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.



Figure 54: Émission de racines chez les plants de *Terminalia superba* sur les cinq substrats après repiquage

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D

9.1.2. Cas de *Terminalia ivorensis* A chev

Les résultats obtenus concernant l'émission de racines hors de la motte chez les plants de *Terminalia ivorensis* des 5 substrats après repiquage dans de la terre locales sont consignés dans le tableau XXVIII. Toutes les racines ont émergé à l'extérieur de la motte, lors de l'évaluation de la capacité de régénération racinaire (Figure 55). Le nombre de racines émises a fluctué de $19,00 \pm 2,00$ à $32,67 \pm 2,08$. Le plus grand nombre de racines émises a été observé dans les substrats SC avec un nombre de $32,67 \pm 2,08$, parmi les 5 substrats. Les meilleures elongations ont été obtenus chez les plants des substrats organiques, comparativement au témoin terreau forestier, avec des moyennes variantes entre $34,00 \pm 1,00$ à $43,00$ cm, contre $43,00 \pm 2,00$ cm chez les plants du témoin. Les matières sèches racinaires produites ont été alors de $1,36 \pm 0,02$ à $1,67 \pm 0,05$ g, pour les plants élevés dans les substrats organiques contre $1,00 \pm 0,04$ g pour les plants du témoin.

L'analyse statistique des données (ANOVA) sur le nombre de nouvelles racines émises a mis en évidence une disparité ($P\text{-value} < 0,05$) entre les substrats. Il en est de même pour la longueur des racines et la biomasse totale racinaire. Les plants, issus du substrat SC, se sont montrés plus performante, concernant l'évaluation de la capacité de régénération racinaire des plants de *Terminalia ivorensis* A chev.

Tableau XXVIII: Capacité de régénération racinaire des plants de *Terminalia ivorensis* en fonction des substrats

Substrats	Capacité de régénération racinaire		
	Nombre de racines émises	Longueur moyenne (cm)	Biomasse totale (g)
S0	19,00±2,00d	20,33±1,53e	1,00±0,04d
SA	26,67±0,58c	34,00±1,00d	1,36±0,02c
SB	26,67±1,53c	36,33±1,53c	1,51±0,03b
SC	32,67±2,08a	43,00±2,00a	1,67±0,05a
SD	28,67±1,53b	38,67±1,15b	1,55±0,06b
P value	0,000***	0,000***	0,000***

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan. S0 *: terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.



Figure 55: Émission de racines chez les plants de *Terminalia ivorensis* sur les cinq substrats après repiquage

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D

9.1.3. Cas de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.

Les résultats obtenus concernant l'émission de racines hors de la motte chez les plants de *Gmelina arborea* au niveau des cinq substrats, après repiquage dans de la terre locale sont rapportés par le tableau XXIX nous apporte. Toutes les racines ont émergé à l'extérieur de la motte initiale, lors de l'évaluation de la capacité de régénération racinaire (Figure 56). La quantité de racines émises a oscillé entre 22 et 39. Entre les cinq substrats, le nombre le plus élevé de nouvelles racines émises a été enregistré dans les substrats SC, soit 38,67±1,53. Les meilleurs allongements ont été obtenus chez les plants des substrats organiques, comparativement au témoin terreau forestier, avec des moyennes variant de 32,33±2,52 à 82,33±2,52 cm, contre 28,33±1,53 cm chez les plants du témoin. Les nouvelles matières sèches

racinaires produites ont été situés entre de $3,03 \pm 0,16$ à $5,17 \pm 0,35$ g, pour les plants élevés dans les substrats organiques, contre $1,35 \pm 0,03$ g pour les plants du témoin.

L'étude statistique des données (ANOVA), sur le nombre de nouvelles racines émises a mis en évidence une disparité notable ($P\text{-value} < 0,05$) entre les substrats. Il en est de même pour la longueur des racines et la biomasse totale racinaire. Les plants, issus du substrat SC, se sont montrés plus performants, concernant l'évaluation de la capacité de régénération racinaire des plants de *Gmelina arborea*.

Tableau XXIX: Capacité de régénération racinaire des plants de *Gmelina arborea* en fonction des substrats

Substrats	Capacité de régénération racinaire		
	Nombre de racines émises	Longueur moyenne (cm)	Biomasse totale (g)
S0	$22,00 \pm 1,00d$	$28,33 \pm 1,53e$	$1,35 \pm 0,03d$
SA	$31,00 \pm 1,73c$	$32,33 \pm 2,52d$	$3,03 \pm 0,16c$
SB	$33,67 \pm 1,15b$	$39,00 \pm 1,00c$	$3,11 \pm 0,17c$
SC	$38,67 \pm 1,53a$	$82,33 \pm 2,52a$	$5,17 \pm 0,35a$
SD	$34,33 \pm 1,15b$	$54,67 \pm 2,52b$	$3,53 \pm 0,25b$
<i>P value</i>	0,000***	0,000***	0,000***

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan. S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D.



Figure 56: Émission de racines chez les plants de *Gmelina arborea* sur les cinq substrats après repiquage

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D

9.2. Taux de reprise des plants des cinq substrats après six mois de transplantation.

9.2.1 Cas de *Terminalia superba* Engl. & Diels

Les résultats, concernant les taux de reprise des plants subséquemment mesurés après six mois de transplantation sur le terrain, ont varié en fonction des substrats (Figure 57). Le graphique illustre clairement un gradient de taux de reprise des plants selon les substrats. Il indique les taux de reprise des plants, avec des valeurs qui varient entre les substrats, de 40 % et 70 %. On observe une nette tendance à une augmentation des taux de reprise du substrat S0 au substrat SD. S0 (témoin) présente le taux de reprise le plus bas, donnant un taux de reprise de 40 %, ce qui suggère que les conditions de croissance et de survie des plants ne sont pas optimales. SC et SD se distinguent par des taux de reprise nettement plus élevés, tandis que S0 présente le taux le plus bas. Avec des taux compris la reprise des plants des substrats à base de compost a été bien plus élevée que celle des plants du substrat témoin S0, Le substrat SC a été favorable à la reprise des plants, avec un taux de 70 %. Le substrat S0 a été défavorable pour la reprise des plants, avec un taux de mortalité de 60 %. Le substrats SA a eu le taux le plus faible des 4 substrats organiques.

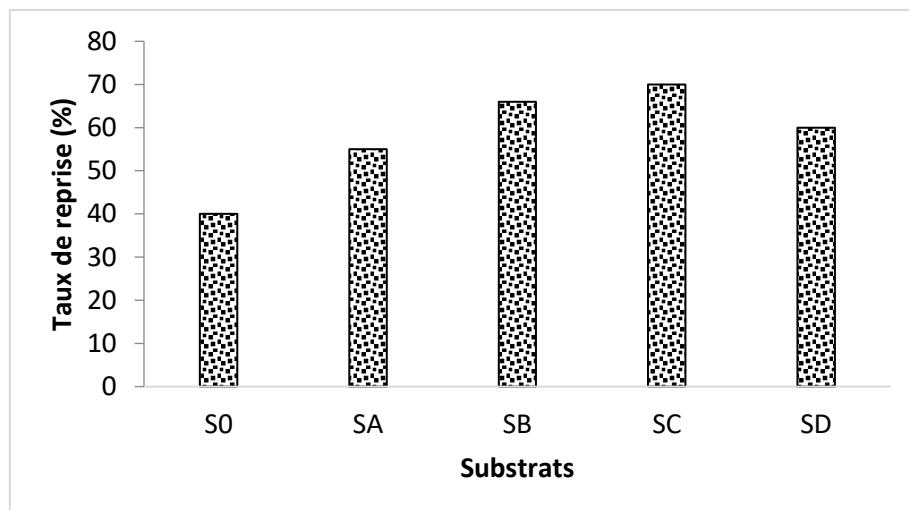


Figure 57: Taux de reprise des plants de *Terminalia superba* dans les cinq substrats après six mois de transplantation

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : : Substrat B, SC : Substrat C, SD : : Substrat D

9.2.2 Cas de *Terminalia ivorensis* A chev

Les résultats, concernant les taux de reprise des plants subséquemment mesurés après six mois de transplantation sur le terrain, ont varié en fonction des substrats (Figure 58). Le graphique indique les taux de reprise des plants, avec des valeurs qui varient entre les substrats. On observe

une nette tendance à une augmentation des taux de reprise du substrat S0 au substrat SD, avec des taux compris entre 45 % et 75 %. La reprise des plants des substrats à base de compost a été bien plus élevée que celle des plants du substrat témoin (S0). Le substrat S0 (témoin) présente le taux de reprise le plus bas (45 %), ce qui suggère que les conditions de croissance et de survie des plants ne sont pas optimales. Les substrats SA et SB montrent des taux de reprise intermédiaires, indiquant une amélioration par rapport à S0. Cela suggère qu'ils offrent de meilleures conditions pour la croissance, bien que cela reste en deçà des substrats SC et SD. Les substrats SC et SD affichent les taux de reprise les plus élevés, indiquant qu'ils fournissent des conditions optimales pour la croissance des plants. Le substrat (SC) a été favorable à la reprise des plants, avec un taux de 75 %, suivi du substrat SB (66 %). Par contre, les substrats SA et SD ont eu, respectivement, 55 % et 62 % de taux de reprise.

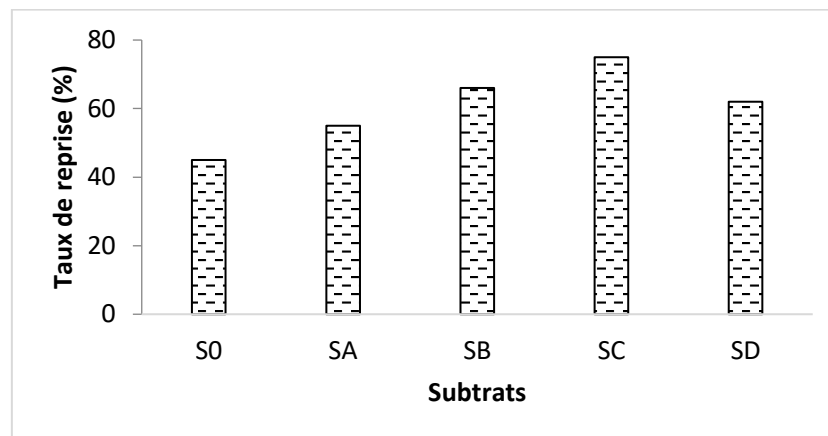


Figure 58: Taux de reprise des plants de *Terminalia ivorensis* dans les cinq substrats après six mois de transplantation

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : : Substrat B, SC : Substrat C, SD : : Substrat D

9.2.3 Cas de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.

Le figure 59 présente les taux de reprise (%) des plants en fonction des différents substrats (S0, SA, SB, SC et SD). On observe une tendance générale à l'augmentation des taux de reprise du substrat S0 au substrat SD, avec SC et SD affichant les taux les plus élevés. La reprise des plants des substrats à base de compost a été bien plus élevée que celle des plants du substrat témoin (S0) sans compost, donnant un taux de reprise de 52 %. Les substrats SA et SB montrent des taux de reprise intermédiaires, suggérant une amélioration par rapport à S0. Bien qu'ils soient meilleurs que S0, ils ne parviennent pas à atteindre les niveaux observés avec SC et SD. Quant aux substrats SC et SD, ils affichent les taux de reprise les plus élevés, indiquant des conditions optimales pour la croissance. Le substrat (SC) a été favorable à la reprise, avec

un taux de 85 %, suivi du substrat SD (81 %). Avec les substrats SA et SD, on a, respectivement, 66 % et 76 % de taux de reprise.

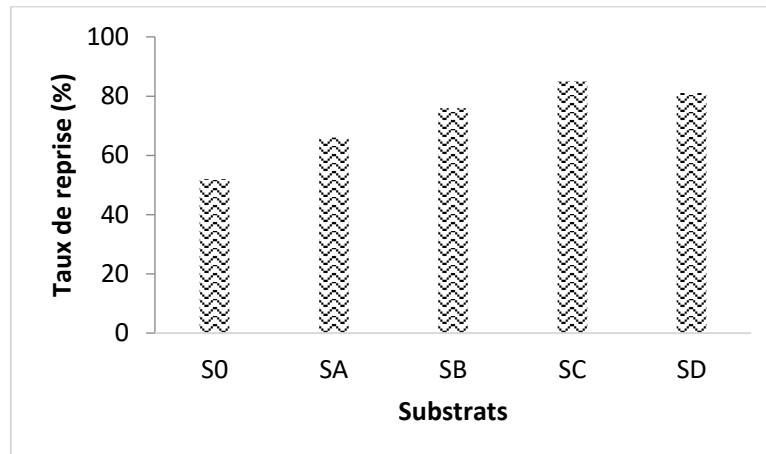


Figure 59: Taux de reprise des plants de *Gmelina arborea* des cinq substrats après une six mois de transplantation

S0 : Terreau forestier, SA : Substrat A, SB : : Substrat B, SC : Substrat C, SD : : Substrat D

9.3. Évolution des paramètres de croissance des plants cibles en plein champ

9.3.1 Cas de *Terminalia superba* Engl. & Diels

Les résultats ont montré que les substrats organiques ont influencé la croissance des plants en plein champs. Les plants, obtenus avec les substrats organiques, se sont révélés plus vigoureux que celles obtenues avec le témoin, durant la période de mesure (Tableau XXX). Tous les paramètres de croissance ont différencié statistiquement d'un substrat à l'autre, durant la période de mesure ($P < 0,05$). Les résultats ont montré que la hauteur des plantules la plus élevée, a été enregistrée avec le substrat SC ($19,63 \pm 0,52$ cm), suivi du substrat SB ($17,60 \pm 0,57$ cm) à la dernière prise de mesure, soit 6 mois après transplantation. Cependant, la hauteur la plus faible a été enregistrée avec le terreau (témoin) ($15,73 \pm 0,95$ cm). Le diamètre des tiges le plus élevé a été de $8,69 \pm 0,53$ mm, obtenu avec les plantules du substrat SC et $7,64 \pm 0,55$ mm par les plantules issues du substrat SD. Le plus faible diamètre de tige a été enregistré avec le terreau ($5,16 \pm 0,66$ mm).

Tableau XXX : Comparaison des moyennes de hauteur et de diamètre des plants de *T superba* en plein champ des substrats en fonction du temps

Substrats	0 mois		3 mois		6mois	
	Hr(cm)	Dm (mm)	Hr (cm)	Dm (mm)	Hr (cm)	Dm (mm)
S0	9,56±2,04c	2,4±0,1c	12,93±0,31d	3,58±0,12d	15,73±0,95c	5,16±0,66c
SA	10,22±0,76ab	2,7±0,1ab	14,52±0,63b	4,28±0,14ab	17,71±0,44ab	6,72±0,02ab
SB	10,78±0,98b	2,7±0,1ab	15,11±0,40ab	4,05±0,10c	17,60±0,57ab	6,75±0,22ab
SC	12,88±0,35a	3,3±0,1a	16,28±0,57a	5,52±0,35a	19,63±0,52a	8,69±0,53a
SD	10,22±0,83b	3,1±0,0b	14,06±0,14c	5,04±0,08b	16,67±1,06b	7,64±0,55b
P value	0,0395*	0,0056**	0,000***	0,001***	0,000***	0,000***

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivi de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan. S0 *: terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D, Hr : hauteur, Dm : diamètre.

9.3.2. Cas de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.

Lors de la période de suivi en plein champ, les résultats ont révélé une disparité entre les paramètres de vigueur des jeunes plants de *Gmelina arborea* évalués, issus provenant de différents substrats en pépinières. Les plants, issus du substrat SC, ont été plus vigoureux. Le tableau XXXI présente la comparaison des paramètres de vigueur des jeunes plants évalués, selon les différents substrats de leur provenance. Les résultats ont été, pour les hauteurs de tiges de 123,21±2,20 cm, 109,99±0,32 cm et 106,05±0,94 cm, respectivement, pour les plants issus des substrats SC, SB et SD, 6 mois après transplantation. Ils ont été pour les diamètres des tiges de 23,97±0,07 mm, 23,11±0,10 mm et 22,74±0,36 mm, respectivement, pour les plants issus des substrats SC, SB et SD à 6 mois après transplantation. Le plus faible diamètre de tige et de hauteur a été enregistré avec le terreau soit, respectivement, 14,56±0,11 mm et 73,44±0,78 mm.

Tableau XXXI : Comparaison des moyennes de hauteur et de diamètre des plants de *G arborea* en plein champ des substrats en fonction du temps

Substrats	0 mois		3 mois		6mois	
	Hr(cm)	Dm (mm)	Hr (cm)	Dm (mm)	Hr (cm)	Dm (mm)
S0	58,50±0,50d	9,00±0,25d	63,79±0,26d	12,18±0,15d	73,44±0,78d	14,56±0,11d
SA	70,67±2,08c	12,52±0,39c	76,62±0,34c	14,73±0,25c	85,77±0,95c	18,35±0,27c
SB	80,17±2,25b	13,76±0,22b	95,61±0,52b	17,06±0,06b	109,99±0,32b	22,74±0,36b
SC	90,00±1,00a	15,05±0,15a	99,97±1,28a	19,88±0,22a	123,21±2,20a	23,97±0,07a
SD	83,17±0,29b	13,62±0,04b	97,27±0,60b	17,14±0,10b	106,05±0,94b	23,11±0,10a
P value	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivi de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives

entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan. S0 *: terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D, Hr : hauteur, Dm : diamètre.

9.3.3 Cas de *Terminalia ivorensis* A chev

Chez *Terminalia ivorensis*, l'analyse de variance de la vigueur des plants en plein champ a montré que toutes les variables considérées ont différé significativement d'un substrat à un autre, durant toute la période de mesure ($P < 0,05$). Les plants, issus des substrats SC, ont été tous plus développés que les plants issus des quatre autres substrats (Tableau XXXII). Le substrat témoin (terreau) a enregistré les plus faibles valeurs. Les valeurs des paramètres ont été pour les hauteurs de tige de $12,45 \pm 0,11$ cm contre $10,65 \pm 0,10$ cm, $9,91 \pm 0,13$ cm, $8,96 \pm 0,08$ cm et $5,09 \pm 0,04$ cm, respectivement, chez les plants des substrats SC, SD, SB, SA et S0 (témoin).

Tableau XXXII: Comparaison des moyennes de hauteur et de diamètre des plants de *T. ivorensis* en plein champ des substrats en fonction du temps

Substrats	0 mois		3 mois		6 mois	
	Hr(cm)	Dm (mm)	Hr (cm)	Dm (mm)	Hr (cm)	Dm (mm)
S0	$9,56 \pm 2,04d$	$1,99 \pm 0,13d$	$12,05 \pm 0,06e$	$2,78 \pm 0,10e$	$14,20 \pm 0,14e$	$5,09 \pm 0,04e$
SA	$11,22 \pm 0,76c$	$2,52 \pm 0,04c$	$14,10 \pm 0,18d$	$5,89 \pm 0,06d$	$16,84 \pm 0,69d$	$8,96 \pm 0,08d$
SB	$12,78 \pm 0,98b$	$3,16 \pm 0,04b$	$15,20 \pm 0,07c$	$6,85 \pm 0,17c$	$18,39 \pm 0,15c$	$9,91 \pm 0,13c$
SC	$16,88 \pm 0,35a$	$4,25 \pm 0,05a$	$18,38 \pm 0,17a$	$8,18 \pm 0,15a$	$23,65 \pm 0,23a$	$12,45 \pm 0,11a$
SD	$13,23 \pm 0,83b$	$4,22 \pm 0,03a$	$16,25 \pm 0,07b$	$7,20 \pm 0,07b$	$19,20 \pm 0,13b$	$10,65 \pm 0,10b$
P.value	0,000***	0,000***	0,0000	0,000000	0,000000	0,000000

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan au seuil de 5 % pour le même paramètre. Les moyennes de chaque paramètre suivi de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats au seuil de 5 % selon le test de Duncan. S0 *: terreau forestier, SA : Substrat A, SB : Substrat B, SC : Substrat C, SD : Substrat D Hr : hauteur, Dm : diamètre.

Chapitre 10 : Discussion

10.1. Caractérisation des différents paramètres des composts produits

✓ Les paramètres physiques des composts

Concernant les caractéristiques physiques des substrats de croissance, nous avons observé deux étapes dans le processus de compostage. La première est une phase d'oxydation et de minéralisation, durant laquelle nous avons noté une élévation de la température dans les composts. La seconde phase, quant à elle, est celle de refroidissement ou de maturation des composts. La phase d'oxydation et de minéralisation du substrat SA a été observée pendant trois semaines, soit 21 jours après le compostage, tandis que celle des substrats SB, SC et SD a duré 28 jours (4 semaines) après le compostage. Les températures des substrats SA (18,64 °C), SB (18 °C), SC (20,48 °C) et SD (19,96 °C) ont été inférieures à la température de l'air ambiant (25°C), au début de cette phase. Cela témoigne de l'activité limitée des microorganismes dans les divers andains. Nos résultats sont en opposition avec ceux des études effectuées sur le compostage par Mustin (1987) ; Attrassi *et al.* (2005), Compaoré *et al.* (2010) et Sall (2014). Selon leurs recherches, il est observé qu'au cours de cette étape, la température augmente rapidement en raison de l'activité microbienne associée à la dégradation des matières organiques (sucres simples, amidon, protéines), facilement dégradables par les microorganismes. Ces températures faibles observées dans notre étude en début des compostages, s'expliqueraient, aussi, par le taux d'humidité élevée, soit 52 % pour le substrat SA et 54 % pour les substrats SB, SC et SD. En effet, le son de riz et la cendre, incorporées à nos différents substrats ont demandé l'apport d'une grande quantité d'eau. La température moyenne des tas de composts a été supérieure à 39°C, à la fin de cette étape. Nous avons des résultats différents de ceux de Sall (2014) lorsqu'il s'agit de composter des fruits et légumes périmés en utilisant la paille de soja et les écorces comme matériaux structurants. Dans ces études, à la fin de cette phase, la température moyenne des tas de compost était inférieure à 39 °C. En effet, Sall (2014), au cours de son étude, a composté des fruits et légumes périmés. Ces matériaux avaient des teneurs en eau qui étaient comprises entre 70 % et 90 %, rendant, ainsi, difficile l'activité des micro-organismes contenus dans son compost, d'où, la faible minéralisation. De plus, la période d'oxydation et de minéralisation de l'andain SA a été relativement courte, ne durant que 21 jours. En revanche, les composts SB, SC et SD ont bénéficié d'une phase plus longue, s'étendant sur 28 jours. Cette différence pourrait être attribuée à la présence de micro-organismes spécifiques dans le substrat SA, résultant de l'incorporation de lait de vache et de levure boulangère. Ces ajouts ont probablement favorisé

une activité microbienne accrue, ce qui a conduit à une décomposition plus rapide des matériaux organiques. Ces constituants ont commencé plus rapidement la minéralisation que ceux des substrats SB (fiente de volaille+ feuille de bananier +sciure de bois carbonisé + coque de café + sciure de bois) , SC (sciure de bois+ bouse de vache+; fiente de poulet+ cabosse de cacao+ sciure de bois carbonisé) et SD (sciure de bois+ fiente de poulet + Bouse de vache) . Le compost SA, en plus de l'apport en micro-organismes efficaces (levure boulangère et lait de vaches), est riches en composés fermentescibles (feuilles de Moringa et éléments riches en sucre dont le miel et le son de riz). Selon Devisscher (1997), la température durant le compostage est influencée par la composition des substrats fermentés ainsi que par leur capacité calorifique. Les déchets riches en composés fermentescibles, tels que les végétaux sucrés, peuvent atteindre rapidement des températures élevées. En revanche, les déchets moins fermentescibles, comme les végétaux lignocellulosiques, tendent à générer des températures plus basses. De la même manière, les déchets contenant des graisses et des huiles (lipides), produiront plus de chaleur par unité de masse que d'autres composés organiques. Cela justifierait la hausse de la température du tas SA (46,66°C). En outre, le fait que l'andain SB soit plus chaud (39,83°C) que les autres tas de compost pendant cette étape peut être dû au fait que l'andain SB contient la coque de café, un matériau difficile à minéraliser. Malgré cette faible augmentation de température, le bon niveau de décomposition du compost pourrait également, être dû au fait que l'inoculum présent dans l'activeur (ici la bouse de vache) est capable de décomposer les substrats organiques à des températures basses dans des conditions d'humidité élevée ou d'aération faible, comme le souligne Compaoré *et al.* (2010).

On observe en revanche la phase de refroidissement et de maturation des composts lorsque la température des différents composts est ramenée à la température de l'air ambiant. Cela est causé par la disparition de l'activité des microorganismes dans les composts. Selon Compaoré & Nanema (2010), cette baisse de température peut être expliquée par un ralentissement de l'activité des microorganismes dû à l'épuisement des matières organiques facilement dégradables.

Concernant le taux d'humidité, il est probable que la baisse observée dans les différents composts, depuis les phases d'oxydation, de minéralisation et de maturation, soit attribuable à la présence de microorganismes aérobies, ainsi qu'à l'hétérogénéité et à la qualité des substrats d'origine utilisés dans les tas de compost SA, SB, SC et SD. En inhalant l'oxygène de la masse en compostage, les microorganismes vont épuiser l'oxygène et rendent le milieu anaérobie, ce

qui entraîne une augmentation de la température. Selon Devisscher (1997), pendant le compostage, la teneur en eau diminue, à cause de l'élévation de température (évaporation) et de l'aération (perte de vapeur d'eau par aération forcée ou par retournement), de façon simultanée.

Pour ce qui concerne la porosité d'aération et de rétention des cinq substrats de croissance étudiés, tous respectent les normes d'évaluation des porosités totales et d'aération. Toutefois, le substrat S0 ne respecte pas les critères de porosité de rétention (au moins 30 %) (Lamhamedi *et al.*, 2006a). Les substrats SA et SB ont affiché les valeurs les plus élevées en termes de porosité totale, avec, respectivement, 77 % et 75 %. Les substrats SA (48 %) et SC (37 %) ont enregistré les valeurs les plus élevées en termes de porosité de rétention. Concernant la porosité d'aération, les substrats SD (38 %) et S0 (53 %) ont les valeurs les plus élevées. De plus, d'après Bembli. & M'Sadak (2017), les niveaux de porosité habituels dans un compost sont de $P_t \geq 50$ %, $P_a \geq 20$ % et $P_r \geq 30$ %. En combinant les trois porosités, on peut tirer la conclusion que les substrats SA, SC et SD présentent les meilleures porosités par rapport aux autres substrats. D'une part, cela pourrait être attribué à la composition des composts SC et SD. En effet, ces substrats renferment de la bouse de vache par rapport aux autres composts et au témoin S0. Une rétention plus efficace de l'eau et des nutriments dans les substrats permet de minimiser le lessivage, d'optimiser l'utilisation des ressources et de fournir de meilleures conditions de croissance en hors-sol aux plants. Cela représente un avantage considérable en termes de productivité et de performance des cultures (M'Sadak *et al.*, 2012). Les 4 types de composts ont présenté tous une proportion élevée de particules de petite taille (< 2 mm) et assez homogènes. Le taux important d'éléments finis, dans le compost SA (80%), serait dû à la présence en grande quantité de son de riz.

Par ailleurs, du point de vue de la consistance de la motte, les substrats contenant de la sciure de bois ont favorisé une cohésion plus élevée que le substrat témoin contenant du terreau. Grâce à la sciure de bois présente dans le substrat, la motte a été améliorée en termes de structure et de texture, ce qui a favorisé son maintien et sa solidité. Cela peut se traduire par le fait que la sciure de bois permet de créer des espaces plus aérés dans la motte, ce qui favorise la circulation de l'air et de l'eau, et, donc, la croissance des racines. En outre, la sciure de bois possède des caractéristiques de rétention d'eau, ce qui favorise une humidité constante dans la motte. En comparaison, le substrat témoin à base de terreau peut être plus compact et moins drainant, ce qui peut nuire à la cohésion de la motte (Bembli. & M'Sadak, 2017). Les masses volumiques apparentes des substrats à base de compost étaient logiquement moins élevées que celles du

substrat témoin (terreau forestier). Le substrat témoin était le plus dense ($0,46 \text{ g/cm}^3$). Une caisse, renfermant 20 sachets polyéthylènes remplis de compost, a un poids inférieur à 10 kg, tandis qu'elle pèse 16 kg avec le substrat témoin (terreau forestier). Ainsi, l'utilisation de substrats composés de compost aide à diminuer la charge physique lors de la manipulation des caissettes, ce qui peut améliorer les conditions de travail pour les pépiniéristes et les travailleurs impliqués dans le reboisement. De plus, la légèreté des substrats à base de compost facilite également le transport des caissettes sur le chantier de reboisement, permettant, ainsi, une mise en place plus rapide et efficace.

✓ Les paramètres chimiques des composts

Au cours du compostage, les microorganismes décomposent la matière organique et libèrent des nutriments, ce qui peut influencer à la fois les activités microbiennes et l'évolution du pH. En effet, le pH est un indicateur de l'activité biologique dans un milieu. Les pH dans nos différents composts, au 1^{er} jour ont oscillé entre 6,43 et 6,87. Il est probable que ces pH acides soient liés aux propriétés intrinsèques des matériaux de base. Selon Mutin (1987), le pH optimal de compostage est établi entre (6 et 8). Il est évident que le pH des divers composts se situe dans cette plage. De plus, il y a une diminution des pH, une semaine après le compostage. D'après Francou (2003) et Bertoldi (1983) mentionnés par Attrassi *et al.* (2005), l'acidité des composts, lors du processus de compostage est causée par une oxydation partielle de la MO, qui entraîne la production d'acides gras organiques en temps d'anaérobioses. Il ressort qu'à maturité (fin des compostage), le pH des différents composts a migré légèrement à l'alcalinité 7,33, pour le compost SD, 7,38, pour le compost SC et 7,58, pour les composts SA et SB. Cette tendance à l'alcalinité dans les composts est due à la production de CO_2 et d'acides organiques par métabolisme microbien au cours du processus de décomposition par les microorganismes (Bagari & Biradar, 2017). Le pH permet de définir l'état du complexe absorbant. En effet, ces pH alcalins offrent des conditions favorables à l'amélioration des propriétés biologiques et à la disponibilité des cations du sol (Djéké *et al.*, 2011).

Les 5 types de substrats ont présenté des ratios C/N comprises entre 8,3 et 19, excepté le substrat S0 (terreau). Les composts SA, SB, SC et SD ont affiché des rapports conformes aux valeurs rapportées par divers auteurs, avec un rapport C/N variant entre 8 et 15 pour un compost mûr (Smith, 2010 & Johnson, 2015). On note au niveau du substrat S0 un ratio C/N de 19,8. Cette valeur indique une minéralisation moyenne de la matière organique du sol. Selon Compaoré *et al.*, 2010, plus le rapport C/N est élevé (supérieur à 12), plus l'activité biologique est réduite et la minéralisation rencontre des difficultés.

Les caractéristiques chimiques des 4 composts et du terreau forestier (témoin S0) ont montré que les résidus agricoles et sylvicoles sont riches en éléments minéraux primaires, tels que le potassium et le phosphore. Les composts ont tous présenté des teneurs en éléments fertilisants supérieurs au terreau forestier. Par ailleurs, le compost SC (sciure de bois+ bouse de vache + fiente de poulet + coque de cacao + sciure de bois carbonisé) a plus relevé les teneurs en éléments fertilisants (N, P, K, Ca, Mg). Cela pourrait s'expliquer par l'apport combiné de fiente de poulet et de bourse de vache. En effet, la fiente de volaille constitue l'effluent d'élevage le plus riche en azote. Les dosages effectués ont montré un taux moyen d'azote de 5,76 %, avec un rapport C/N de 8,7. Aussi, les teneurs importantes en potassium (K) dans les composts SB, SC et SD se justifieraient par les apports en cendres de bois (sciure de bois carbonisé). Les cendres de bois constituent, à la fois, un résidu basique contre l'acidité du sol et une source de minéraux essentiels, tels que le Ca, P, K et le Mg (Perucci *et al.*, 2006 ; Majeau & Desforges, 2013). En ce qui concerne la qualité des composts produits, le rapport C/N, compris entre 8 et 15 obtenu, est comparable à celui du compost mûr recommandé par Nanéma (2007) dont la valeur se situe dans l'intervalle de 10 à 15. Ce rapport permet une bonne libération de l'azote pour la plante. Ce résultat peut s'expliquer, d'une part, par les niveaux élevés d'azote présents dans trois des matériaux du tas de compost, à savoir la fiente de volaille, la bouse de vache et les coques de cacao, et d'autre part, par l'emploi de solutions de microorganismes efficaces qui favorisent la décomposition rapide de la matière organique.

10.2. Effet des composts sur la croissance des semis de *Terminalia ivorensis* A.

Chev, *Terminalia superba* et de *Gmelina arborea* en pépinière

Cette section porte sur la germination et la croissance végétative des jeunes plants des espèces cibles pendant leur cycle de production en pépinière. Il ressort de cette étude que les trois espèces ont une bonne capacité germinative et un bon potentiel de régénération. Ce potentiel est influencé par les différents substrats élaborés et les éléments constitutifs. Ainsi, pour l'espèce *Terminalia superba*, les semences utilisées sur le substrat SA, élaboré selon la technologie des microorganismes efficaces, présentent une bonne germination. Aussi, les substrats organiques élaborés, comparativement au témoin terreau forestier, ont produit des jeunes plants vigoureux quelque soit la formulation. Chez l'espèce *Terminalia ivorensis* et l'espèce *Gmelina arborea*, ce sont les graines semées sur les substrats SB qui ont eu un bon potentiel de germination. Toutefois, les plants issus des substrats SC, ont été plus vigoureux. Les résultats ont montré que la germination des graines était assez rapide chez les espèces cibles. En définitif, les substrats à base de déchet sylvicole et agricole pourraient être fournis aux agriculteurs pour aider les

programmes d'agroforesterie et de reboisement en Côte d'Ivoire et résoudre le problème crucial de l'approvisionnement en terreau forestier des unités de production.

✓ Levée des semences des espèces cibles

La levée constitue un premier indicateur de réussite d'une culture. Les résultats du test de germination ont montré que le semis direct de ces espèces présente des délais de germination relativement courts, généralement inférieurs à 20 jours. De plus, l'étalement de la germination est resté limité, ne dépassant pas 30 jours. Cela indique une bonne aptitude à la régénération sexuelle pour ces espèces en cas de propagation naturelle. Les résultats montrent que les substrats à base de sciure de bois, notamment les broyats de *Pterygota bequaertii* et de *Terminalia ivorensis* provenant d'unités de sillage, influencent significativement la germination des semences de *Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba* et *Gmelina arborea*. Les taux de germination observés étaient élevés pour ces trois espèces sur substrats organiques, surpassant ceux du terreau forestier. Par exemple, le Fraké a enregistré un taux de 62 % sur le substrat SA, contre 52 % dans le terreau (témoin S0). Un constat similaire a été fait pour *T. ivorensis* et *Gmelina arborea*, avec des taux de germination de 95 % sur le substrat organique SB contre 69 % sur le terreau pour *T. ivorensis*, et de 72 % sur le substrat organique SB contre 40 % sur le terreau pour *Gmelina arborea*. Ces résultats attestent de la bonne capacité germinative des graines utilisées dans cette étude. Un taux de 55 % pour le Fraké a également été observé dans des recherches menées en Côte d'Ivoire en 2003 par le comité technique de la SODEFOR sur les caractéristiques des semences et semenciers en pépinière des essences forestières. Quant à la durée des levées, elle s'est déroulée sur une période de deux à quatre semaines, semblable à celle de nos levées qui ont duré 3 semaines, soit 17 jours pour les semis de *T. superba* pour tous les substrats. De plus, notre taux de germination est élevé avec un taux de germination de 62 %, pour le Fraké et 72 % pour le Framiré. Des études, réalisées sur le Fraké par Nzila & Damara (2011), en République Démocratique du Congo, ont relevé un pourcentage de germination de 76,67 %. Mapongmetsem *et al.* (1998), au Cameroun, ont obtenu un taux de germination de 59 %. Selon les résultats de la SODEFOR et les travaux de Mapongmetsem et Nzila (2011), le taux de germination des graines de Fraké et de Framiré se situe entre 50 et 70 %. Le taux élevé de levée observé pour ces trois espèces sur substrats organiques peut s'expliquer par la présence abondante de compost, qui améliore l'aération et la rétention d'eau, contribuant ainsi à la structure favorable des substrats. Cela permet un développement optimal de la racine, condition essentielle à la levée (Steward *et al.*, 1997). Cette observation a également été relevée par Gourdon (2001), qui souligne que le compost joue un rôle essentiel en améliorant la

structure des substrats de croissance, ainsi que leur perméabilité et leur capacité de rétention en eau. Dans ce contexte, l'analyse des paramètres physiques montre que les quatre substrats élaborés respectent les normes d'évaluation de la porosité totale et de l'aération. Toutefois, le substrat témoin S0 ne répond pas aux critères de porosité de rétention, qui nécessitent un minimum de 30 %. L'augmentation du taux de germination dans cette étude pourrait, aussi, être attribuée à la faible durée de conservation du matériel utilisé. En Effet, les graines, utilisées dans cette étude, ont été conservées pendant seulement 2 semaines après la récolte, ce qui leur permet de conserver toute leur vitalité. D'après Ahoton *et al.* (2011), les graines conservées pendant une courte période ont un taux de germination élevé. Un taux de 87 % a été obtenu en utilisant des graines de Fraké, conservées pendant 2 semaines après la récolte. La température moyenne du site expérimentale qui, est de 30 °C générée par l'ombrière, est une condition favorable pour une bonne germination de graines. Il a été démontré par Münch & Kiefer (1986), cité à la fois par Minengu Mayulu (2014) et Meng *et al.* (2009), que les conditions de température de 25 à 30 °C entraînent une bonne germination des graines de Framiré.

✓ **Dynamique de Croissance et Production de Biomasse des Espèces Ciblées**

L'une des multiples caractéristiques d'un substrat de culture est sa capacité à favoriser une croissance optimale des plantes cultivées, ce qui indique sa capacité à fournir les nutriments nécessaires à la plante et donc son niveau de fertilité (Bünemann *et al.*, 2018). Les quatre paramètres de croissance mesurés dans le cadre de cette étude : la longueur des tiges, le diamètre des tiges, le nombre de feuilles et la surface foliaire par plants ont démontré une amélioration notable après l'utilisation de substrats organiques. L'effet positif des composts a, également, été souligné par Lawani (2017). En ce qui concerne les résultats de croissance, on note une croissance satisfaisante des plants sur les substrats organiques SA, SC et SD, par rapport au substrat témoin S0. En comparaison avec le substrat témoin S0 (terreau), le substrat SC s'est révélé particulièrement significatif en termes de hauteur, de nombre de feuilles, ainsi que de longueur et de largeur des troisièmes feuilles, sans oublier le diamètre au collet. Les variations observées entre les différents composts et le témoin S0 concernant la croissance des plants pourraient être attribuées aux caractéristiques de ces substrats. Ces substrats sont le lieu où les racines des plants s'ancrent et se développent, où ils doivent trouver en quantité adéquate les ressources nutritionnelles (eau, nutriments, minéraux) indispensables à leur croissance et à leur développement. Les substrats de croissance sont influencés par divers facteurs, notamment la nature physique (porosité d'aération, taux d'eau, capacité d'absorption), la nature chimique (pH,

salinité, concentrations en minéraux tels que l'azote, le phosphore et le potassium) et la nature biologique.

En outre, les concentrations élevées en matière organique des composts SA, SB, SC et SD (respectivement 82,1 %, 83,8 %, 90,3 % et 85,2 %) comparées au témoin S0 (41,3 %) pourraient leur conférer une valeur ajoutée significative (Guedira *et al.*, 2011). Les composts SC et SD, qui combinent la fiente de poulet et la bouse de vache, présentent une teneur plus élevée en azote. Cette augmentation significative d'azote est susceptible de stimuler la végétation, en favorisant la croissance en hauteur et en épaisseur des plants. Selon Kitabala *et al.* (2016) et Michel *et al.* (2014), l'utilisation de composts issus de déchets organiques permet de libérer des nutriments essentiels, contribuant ainsi à l'accélération de la croissance des plants. La hauteur et le diamètre des plants jouent un rôle crucial dans l'évaluation de leurs performances post-plantation. Ces paramètres fournissent des informations clés sur la capacité photosynthétique, la surface de transpiration, ainsi que sur la taille et la biomasse des plantes. La hauteur est un indicateur important de l'efficacité photosynthétique, reflétant la capacité des plants à générer de l'énergie par ce processus. Elle est également liée au niveau de transpiration, un facteur essentiel pour l'absorption de l'eau et des nutriments du sol (Armson & Sadreika, 1974, cité par Lamhamedi *et al.*, 1997). Quant au diamètre, il est généralement corrélé à d'autres paramètres morphologiques, tels que la hauteur, le poids sec total, le poids sec des racines et celui de la partie aérienne des plants. Ainsi, le diamètre peut servir d'indicateur global de la taille et de la biomasse des plants, permettant d'évaluer leur potentiel de croissance et leur état de santé. Les plants, ayant un gros diamètre et des racines latérales bien développées, possèdent de meilleures capacités de survie après repiquage dans un autre milieu. Un ancrage solide, une capacité accrue à absorber les nutriments et l'eau, ainsi qu'une résistance renforcée aux stress environnementaux leur offrent un avantage compétitif en matière de survie et de croissance (Lamhamedi *et al.*, 1999).

De plus, il est important de noter que, quelle que soit la culture, le comportement des plantes varie en fonction du type de substrat utilisé et des applications réalisées. La croissance des plants est nettement améliorée grâce à l'utilisation de substrats organiques par rapport au terreau (témoin S0 « Terreau forestier »). De plus, les analyses révèlent que l'application de substrats organiques favorise significativement la croissance des différentes espèces étudiées par rapport au témoin. Parmi les substrats, SC s'est avéré le plus efficace, suivi de SD, SB et SA, en ce qui concerne la hauteur, le nombre de feuilles et le diamètre au collet, par rapport au 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 (nutriments).

Les résultats obtenus avec les substrats organiques concernant la hauteur des plants des trois espèces étudiées révèlent que la croissance des plants témoins est nettement inférieure à celle des plants cultivés sur les substrats organiques. Cette disparité peut être attribuée à la richesse chimique des amendements organiques employés. En particulier, les substrats SC et SD, qui contiennent à la fois de la fiente de poulet et de la bouse de vache, ont montré une amélioration significative de la croissance des plants. Cela peut s'expliquer par la disponibilité accrue des éléments minéraux présents dans ces fumures.

L'azote organique issu des fientes de volailles se minéralise rapidement, ce qui favorise une phase de minéralisation plus efficace par rapport à d'autres types de fumures. Cette observation est confirmée par les résultats analytiques, qui indiquent un faible rapport C/N, soit 8,7 pour le substrat SC et 11,0 pour le substrat SD. Les fumiers de volailles possèdent donc un grand potentiel pour améliorer la disponibilité des éléments nutritifs dans les substrats de culture, apportant les nutriments nécessaires au développement des plantes (Nyembo *et al.*, 2014). De plus, la minéralisation rapide de la fiente de poulet favorise une disponibilité accrue en azote total et en phosphore assimilable dans le sol (Dean *et al.*, 2000).

L'effet positif de la fiente de poulet sur la croissance végétative des trois espèces étudiées est amplifié par l'ajout de bouse de vache. Bakayoko *et al.* (2019) soulignent également cet effet bénéfique dans leur étude sur l'impact de la bouse de vache sur la culture du maïs. Ils notent que cette fumure fournit une quantité significative d'éléments nutritifs, stimulant ainsi la croissance des plants en hauteur, en diamètre et en surface foliaire, ainsi que le développement des épis de maïs. Grâce à sa dégradation lente, mesurée par un rapport C/N de 28,83, la bouse de vache assure une disponibilité adéquate en nutriments pour les plants tout au long de leur croissance, évitant ainsi les phénomènes d'immobilisation. Ces résultats corroborent ceux de Useni *et al.* (2013) et Djéké *et al.* (2001), qui démontrent que la décomposition des matières organiques augmente le niveau des nutriments disponibles dans le sol. Ainsi, l'apport de bouse de vache, riche en azote (0,92 %), a été bénéfique pour la croissance et le rendement des plants de maïs. Dans notre étude, l'incorporation de bouse de vache dans les substrats SC et SD a également montré les meilleures valeurs de croissance des plants. Ce résultat a été, également, relevé par Kpéra *et al.*, (2017) et de Ognalaga *et al.*, (2017). Pour ces auteurs, la bouse de bovin a eu un effet positif sur le nombre de feuilles, la hauteur, la circonférence au collet, la longueur et la largeur des feuilles, ainsi que, le poids des fruits d'ananas. Par ailleurs, les bonnes

performances, enregistrées avec le substrat SC comparativement au substrat SD seraient dû à une plus forte quantité de fiente de poulet et de bouse de vache, soit deux fois plus avec un ajout de coque de cacao qui est un intrant riche en phosphore, éléments intervenant dans le développement du système racinaire, d'où le bon système racinaire au niveau du substrat SC, comparativement aux autres substrats.

La présence de cendre (sciure de bois carbonisée) dans les substrats SB, SC et SD illustre leur efficacité par rapport au substrat organique SA. Des études similaires menées par Ngoyi *et al.* (2020) confirment cette observation. Ces résultats s'alignent avec ceux d'Ognalaga *et al.* (2017) ainsi que ceux de Herbert & Breton (2008), qui ont examiné l'impact des amendements organiques sur la croissance et le rendement de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) dans des sols dégradés de la région de Kabinda, en République Démocratique du Congo. Les sols enrichis en cendres se distinguaient nettement des autres traitements.

Cette performance peut s'expliquer par la capacité de la cendre à ramener le pH vers la neutralité. Elle remplace les ions H^+ et Al^{2+} présents dans le complexe d'échange par des ions basiques, rendant ainsi les éléments nutritifs plus disponibles pour les plantes. En revanche, les plants cultivés dans le substrat témoin souffrent d'un développement limité, en raison de propriétés physiques et chimiques inadaptées et de la concurrence des adventices. Les substrats à base de compost créent des conditions plus propices à la croissance des plants, améliorant à la fois la structure et la fertilité du sol. Il est important de souligner que le compostage peut avoir des effets bénéfiques en inhibant la germination des adventices (Grundy *et al.*, 1998) et en limitant le développement des champignons pathogènes. Cependant, la qualité des plants peut être affectée par divers facteurs, tels que la composition du compost, les conditions de compostage et les méthodes de gestion appliquées (Fuchs & Larbi, 2005; Lamhamedi *et al.*, 2000a). De plus, des recherches (Fuchs & Larbi, 2005; Hoitink *et al.*, 1997) ont démontré que les composts de haute qualité favorisent la production de plants plus résistants aux pathogènes par rapport à ceux cultivés sur d'autres substrats. Ainsi, l'utilisation de cendres et de composts de qualité s'avère essentielle pour optimiser la croissance des plants et leur résistance face aux adversités.

10.3. Effet des composts sur la capacité de régénération racinaire et la reprise après transplantation

L'émission de racines est un bon indicateur de performance des plants, après transplantation, car, cela signifie que les plants s'adaptent bien à leur nouvel environnement, et sont capables de développer un système racinaire solide (Kaushal & Aussenac, 1989). Les racines sont

essentielles pour absorber l'eau et les nutriments du sol. Si les plants émettent de nouvelles racines, cela signifierait qu'ils sont en mesure de maintenir leur croissance et leur développement de manière optimale. L'émission de nouvelles racines est un indicateur clé de la réussite de la transplantation (Landis *et al.*, 2010). Un système racinaire sain et bien développé est crucial pour la réussite des reboisements. Ils améliorent la résistance des plantes aux conditions environnementales difficiles, et favorise leur croissance et leur développement. Par conséquent, il est important de mettre en place des mesures visant à favoriser le développement d'un système racinaire sain, lors des reboisements. Les résultats de cet essai ont montré que l'utilisation de substrats organiques favorise le développement des racines, la croissance vigoureuse et la fourniture d'éléments nutritifs aux plantes des espèces cibles. Ces résultats soulignent l'importance de l'utilisation de substrats organiques dans la production et la culture des plantes. D'après Burdett (1990), la dessiccation est en effet la principale menace pour la survie des semis nouvellement plantés. Leur capacité à évacuer rapidement l'eau de leur environnement constitue un atout majeur pour la survie dans les zones à faible taux de pluie. Il est probable que le taux de survie des plants des trois espèces ciblées sur les substrats organiques soit attribué à leur croissance rapide en profondeur. Cette expansion rapide permet aux racines d'atteindre rapidement les zones inférieures, où l'humidité est plus présente, renforçant ainsi leur capacité de survie dans des conditions particulièrement sèches. En effet, la résilience des plants face à la transplantation repose sur la capacité de leur système racinaire à établir rapidement des liens fonctionnels avec le sol et à restaurer l'équilibre entre le sol, la plante et l'atmosphère (Margolis & Brand, 1990 ; Grossnickle, 2012). Selon Grossnickle (2005), cette capacité est associée à la taille et à la répartition des racines, à leur conductivité hydraulique et à leur interaction avec le sol. La reprise sur le terrain des plants provenant des divers substrats a été globalement très satisfaisante. Les plants cibles, *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis* et *Gmelina arborea*, ont enregistré, respectivement, un taux de reprise de 58,2 %, 60,6 % et 72 %, ce qui dépasse largement les taux de reprise observés dans les reboisements de ces espèces. La reprise des plants était significativement plus élevée pour ceux cultivés sur les substrats SC, riches en bouse de vache et en fiente de poulet, atteignant 70 % pour *Terminalia superba*, 75 % pour *Terminalia ivorensis* et 85 % pour *Gmelina arborea*. En comparaison, les plants du témoin ont montré des taux respectifs de 40 %, 45 % et 52 %. Cette performance des plants sur le substrat SC confirme la supériorité de leur régénération racinaire observée en pépinière, par rapport aux autres substrats compost et aux plants du témoin.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif visé par cette étude était d'accroître la production des plants des essences forestières, *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis* et *Gmelina arborea*, en vue de leur intégration dans les programmes de reboisement en Côte d'Ivoire.

Au cours de cette étude, nous avons acquis des informations essentielles pour optimiser la culture de *Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba* et *Gmelina arborea*. Nous avons mis en place une approche combinant le développement de substrats à base de résidus sylvicoles (broyat de *Pterygota bequaertii* et de *Terminalia ivorensis*) avec des déchets agricoles (sciure de bois, bouse de vache, fiente de poulet, coques de cacao et sciure de bois carbonisée), en variant les formulations et les quantités. Cette approche a pour objectif principal d'améliorer la valorisation de ces résidus tout en atténuant les nuisances environnementales qu'ils engendrent. Elle comprend l'évaluation de l'impact de ces substrats sur la croissance et le développement des semis de *Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba* et *Gmelina arborea* en pépinière. Enfin, elle inclut l'évaluation des plants issus de ces substrats lorsqu'ils sont cultivés en plein champ.

Dans ce cadre, cette étude a permis d'examiner l'effet du compostage sur les caractéristiques physico-chimiques des résidus sylvicoles, en les combinant avec des matériaux fertilisants, des activateurs (microorganismes efficaces) et des produits améliorants pour le compost, tels que la fiente de poulet, la bouse de vache et la cendre de bois. L'analyse du suivi de la décomposition des substrats a révélé que la température moyenne atteinte par les tas de compost SA, SB et SC durant la phase d'oxydation minéralisation est restée inférieure à 50°C. Cela indique que le processus de compostage s'est effectué à une température "froide". Après 70 jours de compostage, il a été observé que les tas SC et SD, utilisant des sciures de bois, de la bouse de vache, de la fiente de poulet et de la sciure de bois carbonisée comme matériaux structurants, présentent une concentration plus élevée en matière organique et en carbone. Cela témoigne d'une décomposition moins marquée par rapport au substrat SA, élaboré selon la technologie des microorganismes efficaces « Bokashi ». Les différents substrats se révèlent être des amendements organiques de bonne qualité, ayant un rapport C/N inférieur à 20 et une somme d'éléments fertilisants conforme aux normes internationales. À maturité, ces substrats affichent un pH légèrement alcalin, ce qui favorise la disponibilité des minéraux. L'ajout de bouse de vache et de fiente de poulet a significativement augmenté la teneur en azote, potassium et magnésium dans les substrats SC et SD, comparativement au témoin S0 (terreau forestier), qui présente des niveaux plus faibles de ces éléments. De plus, l'ajout de coques de cacao a considérablement augmenté la teneur en phosphore et en calcium dans les substrats SC par rapport aux substrats SD et SB. À la lumière des résultats physico-chimiques, ces substrats

élaborés représentent une solution efficace pour répondre aux besoins en substrats de qualité des unités de production de plants forestiers. En particulier, le substrat SC pourrait être utilisé dans le cadre de l'arboriculture, en accord avec l'approche de Gebana Afrique. Relativement à l'effet des substrats élaborés sur la croissance des plants cibles. Les résultats, obtenus à l'issue de l'étude, ont montré des améliorations qualitatives significatives, ont été enregistrées chez les plants de *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis* et *Gmelina arborea* dans les substrats de sciure bois. En effet, les plants élevés dans ces substrats organiques étaient très développés en pépinière, comparativement au témoin. Par ailleurs les quatre substrats organiques élaborés peuvent être utilisés pour l'élevage des plants de *Terminalia superba*, de *Terminalia ivorensis* et de *Gmelina arborea* de bonne qualité. Cependant, étant donné les résultats obtenus avec le substrat SC, dans cette étude et pour des raisons purement économiques, il est possible de se limiter à l'utilisation de celui-ci, pour la production de plante forestière. De plus, en plus des conditions de croissance améliorées pour les plants cibles grâce au compost de broyats de *pterygota bequaertii* et de broyat de *Terminalia ivorensis*, par rapport au substrat traditionnel, la culture sur compost permet de réduire les dépenses liées à la lutte contre les mauvaises herbes et les pathogènes, liés à culture dans l'humus forestier (terreau forestier). Par conséquent, le compost de broyats sylvicoles est une alternative raisonnable, et peut être avantageusement substitué l'humus forestier dans la fabrication des substrats, pour la culture des plants forestiers.

Concernant l'étude en plein champ, les résultats obtenus se sont révélés très satisfaisants, tant en matière de régénération racinaire que de taux de reprise après transplantation pour les plants de *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis* et *Gmelina arborea*. Les plants cultivés en pépinière dans les substrats élaborés ont montré une meilleure capacité de régénération racinaire et un taux de reprise supérieur par rapport aux plants témoins (terreau). Ces performances, observées chez les plants issus des quatre substrats organiques, indiquent qu'il est possible d'améliorer la qualité des plants de ces espèces. Cela pourrait également accroître leur succès dans les programmes de reboisement tout en réduisant les coûts de production. De plus, compte tenu des performances des plants issus du substrat SC en conditions de reboisement et pour des raisons économiques, il serait judicieux d'opter pour celui-ci pour la production de plants forestiers.

Ce travail offre des informations précieuses pour la croissance et le développement de ces espèces. Les résultats représentent des outils importants pour la gestion durable et l'optimisation de la culture des espèces ciblées. De plus, ils peuvent servir de fondement à la restructuration des politiques de reboisement et de régénération forestière en Côte d'Ivoire.

Au vu des résultats de cette étude, des recommandations à l'endroit des autorités et structures en charge de la gestion du patrimoine forestier ivoirien (SODEFOR, Eaux et Forêts, OIPR), ainsi qu'à, l'endroit des particuliers de tout genre (agriculteurs, coopératives, ONG, etc.) sont nécessaires.

Concernant la qualité des semences des espèces ciblées, nous recommandons d'utiliser des semences ayant une durée de conservation très courte. Il est essentiel d'élaborer un calendrier de production de plants qui prenne en compte la période de récolte des semences, de trier et de privilégier les graines de grande taille. Dans les programmes de reboisement, il serait également pertinent d'envisager l'utilisation d'une partie de la biomasse générée par les premières opérations sylvicoles (éclaircies, élagages) ainsi que la biomasse stockée dans les scieries (sciure) pour la préparation de substrats de culture par compostage. De plus, il est recommandé de mettre en place des pépinières forestières modernes dans chaque région, tout en valorisant les résidus agricoles et forestiers afin de réduire leur impact environnemental et d'inscrire le secteur forestier dans une démarche d'agro-valorisation.

À l'issue de cette étude, plusieurs perspectives peuvent être envisagées selon les problématiques abordées. Il serait intéressant d'élargir le champ de recherche sur la production de compost à d'autres espèces de reboisement fixatrices de l'azote, comme les Acacias et les Albizzias, tout en explorant leurs propriétés physico-chimiques. La recherche de produits minéraux disponibles localement et l'application de procédés technologiques simples et économiques pourraient améliorer leurs propriétés physiques (masse volumique, rétention en eau) pour les intégrer comme éléments structurants avec les composts.

Enfin, il serait bénéfique de développer l'expertise nécessaire pour la confection de substrats de croissance à base de compost, d'optimiser les systèmes d'irrigation et de fertilisation, et de les adapter aux propriétés physico-chimiques ainsi qu'aux besoins en eau et en éléments minéraux des espèces cultivées. L'intégration de la biotechnologie microbienne (inoculum mycorhizien et bactérien) dans les pépinières forestières, dans le cadre des programmes de reboisement, pourrait également favoriser la résistance et la productivité des espèces face aux conditions environnementales difficiles actuelles.

RÉFÉRENCES

- Abayomi J.O. (1993). Growth trends for plantation grown *Terminalia ivorensis* in South-Western Nigeria. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale). Forskningsserien, Forskning centret for Skovog Landskab (Denmark) No 3: 181–187
- Abourouh M. (1994). Les plants forestiers : normes de qualité et techniques culturales. In : Abourouh M (ed) Actes de la première journée nationale sur les plants forestiers. CNRF, Rabat, Maroc, pp 17-33
- Adam K.A. & Krampah E. (2005). *Gmelina arborea* Roxb. Ex Sm. [Internet] Fiche de PROTA4U. Louppe, D., Oteng-Amoako, A.A. & Brink, M. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas, 13 p.
- Adji B.I., Yao K.A.G., Gore bi B.N., Kadio G.A., Gbotto A.A., Assiri A.A. & Akaffou D.S. (2020a). Identification des pratiques et types de systèmes agroforestiers à base de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) dans les trois principales zones de production de cacao en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 32 (3) : 323 - 342.
- Adjossou K. (2009). Diversité, structure et dynamique de la végétation dans les fragments de forêts humide du Togo : les enjeux pour la conservation de biodiversité. Thèse de Doctorat de l'Université de Lomé, Togo, 190 p.
- Adou D.L. (2012). L'économie de plantation et la dynamique de peuplement dans la région du Haut-Sassandra. Thèse unique de doctorat, UFR science de l'homme et de la société (SHS), Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan-Cocody, Côte d'Ivoire 286 p.
- Agbato A.G. (2020). Influence des sols sur la croissance du *Gmelina arborea* Roxb. Ex Sm., 1810 dans les plantations de l'Office National du Bois (ONAB) à Agrimey et Koto au Sud Bénin. Rapport de mémoire pour l'obtention du diplôme de licence professionnelle en génie de l'environnement, Option : Aménagement et Protection de l'Environnement, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Bénin, 49 p.
- Agbogidi O.M., Dolor E.D. & Okechukwu E.M. (2007). Évaluation de *Tectona grandis* (Linn.) et *Gmelina arborea* (Roxb.) pour la phytoremédiation dans les sols contaminés par le pétrole brut. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(2) : 149-152.
- Ahoton L. E., Quenum F. & Mergeai G. (2011). Evaluation agromorphologique et sélection des meilleures accessions de pourghère (*Jatropha curcas* L.) introduites au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(4) : 1065-1077.

- Aké H.T.B., Bi. Tra. T. & Dogbo O.D. (2018). Caractéristiques physico-chimiques des composts à base de sous-produits de ferme de Songon en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1) : 596-609.
- Albert N, Dov P, Debessay S & Saidou K. (2006). ICRISAT Sadoré, Niger : Manuel de pépinière pour arbres agroforestiers et fruitiers au Sahel, 63 p.
- Allaire S.E., Caron J., Duchesne I., Parent. L.E. & Rioux JA (1996). Air-filled porosity, gas relative diffusivity, and tortuosity: indices of *Prunus x cistena* sp. Growth in peat substrates. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*, 121(2): 236-242.
- Allaire S. E., Caron J., Ménard C. & Dorais M (2005). Potential replacements for rockwool as growing substrate for green house tomato. *Canadian Journal of Soil Science* 85:67-74.
- Alsanius B., Jensen P. & Asp H. (2004). Proceedings of the International Symposium on Growing Media and Hydroponics. Louvain, Belgique, International Society for Horticultural Science, Acta Horticulturae 64, 644 p.
- Ammari Y. (2008). Conception de nouveaux procédés de production de plants de qualité et évaluation de leurs effets sur les performances morphophysiologiques de trois espèces de résineux en site de reboisement. Thèse de Doctorat, Université du 7 Novembre, Carthage, Tunisie, 208 p.
- Ammari Y., Lamhamedi M.S., Akrimi N. & El Abidine A.Z. (2003). Compostage de la biomasse forestière et son utilisation comme substrat de croissance pour la production de plants en pépinières forestières modernes. *Revue de l'INAT*: 99-119. <https://www.researchgate.net/publication/237400979>.
- Annabi M., Houot S., Francou C., Poitrenaud M. & LeBissonnais Y. (2007). Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. *Soil Science Society of America Journal*, 71 : 413–423.
- Anonyme 1 (2020). Technique de production d'essences forestières [en ligne] https://agritrop.cirad.fr/574410/1/document_574410.pdf (Consultée le 15/07/2023).
- Anonyme 2 (2018). Norme d'accréditation de l'ISTA pour les essais de semences et l'échantillonnage des semences. [en ligne] <https://www.seedtest.org/api/rm/9TP772G2952HX6J/normedaccreditationdelistapourlesessaisdesemenceset.pdf> (Consultée le 28/05/2023).
- Armson K A. & Sadreika V. (1974). Forest tree nursery soil management and related practices. Ministry of Natural Resources, Ontario, Canada, 177 p.

- ATIBT (Association Technique Internationale des Bois Tropicaux). (1986). Atlas des bois tropicaux. Tome I. AFRIQUE, ATIBT-CTFT, Paris, France. 208 p.
- Attrassi B., Mrabet L., Douira A., Ouine K. & El Haloui N. (2005). Etude de la valorisation agronomique des composts des déchets ménagers. *Biotechnologies et Environnement*, 1-6 .
- Bagari G. & Biradar P.M. (2017). Analysis of compost and vermicompost produced by the pig earth worm, *Eudriluseugeniae* out of different organic wastes. *International Journal of Current Research*, 9 (7) : 53875-53879.
- Bakayoko S., Abobi A H D., Konate Z. & Touré N U. (2019). Effets comparés de la bouse de bovins séchée et de la sciure de bois sur la croissance et le rendement du maïs (*zea mays* L.). *African Journal* 8: 63-72. *Agronomie Africaine*
- Bakry M., Lamhamedi MS., Caron J., Bernier PY., Zine El Abidine A., Stowe DC. & Margolis H. A. (2013) Changes in the physical properties of two *Acacia* compost-based growing media and their effects on growth and physiological variables of containerized carob (*Ceratonia siliqua* L.) seedlings. *New Forests*, 44:827-847.
- Bakry M., Lamhamedi MS., Caron J., Margolis H., El Abidine AZ, Bellaka M. & Stowe DC. (2011). Are composts from shredded leafy branches of fast-growing forest species suitable as nursery growing media in arid regions? *New Forests*, 43: 267-286
- Bazié Y. (1984). Valorisation des résidus culturels dans la zone du plateau mossi : amélioration de la qualité des composts (Station Agronomique de SARIA). Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur du Développement Rural, option Agronomie IDR, Université Polytechnique, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 104 p.
- Bembli H. & M'Sadak Y. (2017). Évaluations directes et indirectes des substrats de culture issus de tourbe en mélange avec compost sylvicole pour la production des plants de Tomate, *Revue Agriculture*, 8 (1): 18 – 30. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/31380>
- Ben A.S. (2008). Les enjeux de la caractérisation des déchets ménagers pour le choix de traitements adaptés dans les pays en développement. Résultats de la caractérisation dans le grand Tunis mise au point d'une méthode adaptée. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine (France), 281 p
- Bolza E. & Keating, W.G. (1972). African timbers: the properties, uses and characteristics of 700 species. Division of Building Research, CSIRO, Melbourne, Australia, 710 p.
- Brou Y.T. (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.

- Bünemann E. K., Bongiorno, G., Bai Z., Creamer R. E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen V., Kuyper T. W., Mäder P., Pulleman M., Sukkel W., vanGroenigen J. W. & Brussaard L. (2018). Soilquality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120 : 105–125.
- Bunt AC. (1988). Media and mixes for container-grown plants: a manual on the preparation and use of growing media for pot plants. Unwin Hyman, London, 309p
- Burdett AN. (1990). Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Canadian Journal of Forest Research*, 20:415-427
- Cadio, A., & Ouréa, A. (2003). Croissance des plants de *Terminalia ivorensis* A. Chev. *Revue d'Écologie et de Biologie des Sols*, 10(1), 45-52.
- Calvet R., Chenu R. & Houot S. (2011). Les matières organiques des sols. Rôles agronomiques et environnementaux. Ed. Agri Production. 347 p.
- Carles S., Lamhamedi M.S., Beaulieu J., Stowe D.C. & Margolis H.A. (2012). Genetic parameters of morphological and physiological characteristics of containerized white spruce (*Picea glauca* [Moench.]Voss) seedlings. *Tree Genetics Genomes*, 8: 39-51.
- Carles S., Lamhamedi M.S., Stowe D.C., Margolis H.A., Bernier P.Y., Veilleux L. & Fecteau B. (2008). Frost tolerance of two-year-old *Picea glauca* seedlings grown under different irrigation regimes in a forestnursery. *Canadian Journal of Forest Research*, 23:137-147.
- Caron J., Elrick DE., Beeson R. & Boudreau J (2005b). Defining critical capillary rise properties for growing media in nurseries. *Soil Sciences Society of America Journal*, 69 :794-806.
- Caron J., Elrick DE., Michel JC. & Naasz R. (2008). Physical Properties of Organic Soils and Growing Media : Water and Air Storage and Flow Dynamics. In : Carter MR, Gregorich EG (eds) *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Second Edition, CRCPress, Print ISBN: 978-0-8493-3586-0.
- Caron J., Rivière LM. & Guillemain G. (2005a). Gas diffusion and air-filled porosity : effect of some oversize fragments in growing media. *Canadian Journal of Soil Science*, 85:57-65
- Charnay F. (2005). Compostage des déchets urbains dans les pays en Développement : élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de doctorat de l'Université de Limoges, France. 277 p.
- CIRAD. (2008). Fiche Technique du *Terminalia superba*. Tropix 6 O Montpellier, (France). 2P.

- Compaoré E. & Nanéma L.S. (2010). Compostage et qualité du compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Tropicultura*, 28(4) : 232- 237.
- Compaoré E. L. S., Bonkounou N. S. & Sedogo M. P. (2010). Évaluation de la qualité de composts de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso pour une utilisation efficiente en agriculture. *Journal of Applied Biosciences*, 33: 2076 – 2083.
- Corbineau F. & Côme D. (1993). Improvement of germination of *Terminalia ivorensis* seeds. *Forest Genetic Resources Information*, 21: 29–36.
- Crecchio C., Curci M., Pizzigallo M.D.R., Ricciuti P. & Ruggiero P. (2004). Effects of municipal solidwaste compost amendements on soil enzyme activities and bacterial genetic diversity. *Soil Biology and Biochemistry*, 36: 1595-1605.
- CTFT (Centre Technique Forestier Tropical). (1974). Framiré. *Bois et Forêts des Tropiques*, 153: 23–34.
- Dean D.S., Earl C.S. & Raymond E.K. (2000). Irrigation management for corn in the Northern Great Plains, USA. *Irrigation Science*, 19: 107-114.
- Devisscher (1997). Propriétés et valorisation du compost. Mémoire DESS., Université de Picardie, France, 60 p.
- Djéké M.D., Kouassi P., Tehua A. & Kouadio Y.J. (2001). Décomposition des broyats de coques de cacao dans les sols ferrallitiques de la zone d'Oumé, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire : effets sur les caractéristiques chimiques des sols. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement*, 5(1) : 109-117.
- Duke J.A. (1983). Hand book of Energy Crops. Unpublished. Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA: Centre for New Crops and Plant Products. http://www.hort.purdue.edu/newcrop/Indices/index_ab.html consulté le 10/05/2020
- Durand P.Y. & Edi K. (1979). Propriétés physiques du Fraké (*Terminalia superba*)-Plantations de Mopri 1964 et Gonaté 1961 (Résultats des essais n°112-01 et 112- 02). Centre Technique Forestier Tropical, Division Technologie et Préservation Abidjan-Côte d'Ivoire, Rapport, 15 p.
- Dupuy Bernard, N'Guessan Kanga Anatole, Doumbia Fako. 1985. Rapport sur l'étude de la croissance et de la productivité du Fraké (*Terminalia superba*). Abidjan : CIRAD-CTFT, 132 p.
- Edi K.A. (2000). Essai préliminaire de sciage du bois d'*Hopea odorata* (Sao). Parcelle Anguédédou. (1979). SODEFOR - Direction Technique – S/Direction Recherche et Ecologie, Rapport, Abidjan, (Côte d'Ivoire) 15p.

- Fabrizio A., Tambone F. & Genevini P. (2009). Effect of compost application rate on carbon degradation and retention in soils. *Waste Management*, 29 : 174–179
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.010> consulté le 21/05/2021
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). (2010). Évaluation des ressources forestières mondiales 2010. Rapport principal. Étude FAO : Forêts 163.
<http://www.fao.org/docrep/013/i1757f/i1757f.pdf>. Consulté le 15 Novembre 2019.
- FAO (2005). Méthode de compostage au niveau de l'exploitation agricole, Rapport principal. Étude Misra R.V., Roy R.N. & Hiraoka H., Rome, (Italie), 35p.
- 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.
- Feller C. & Ganry F. (1982). Décomposition des résidus végétaux dans un agro-système tropical, Effet du compostage et de l'enfouissement de divers résidus de récolte sur la répartition de la matière organique dans les compartiments d'un sol sableux. *Agronomie Tropicale*, 37(3) : 262-269.
- Finstein M.S. & Morris M.L. (1975). Microbiology of municipal solid waste composting. *Advances in Applied Microbiology*, 19: 113-51. [https://doi.org/10.1016/s0065-2164\(08\)70427-1](https://doi.org/10.1016/s0065-2164(08)70427-1) [consulté le 10/10/2022]
- Fitzpatrick G. E. (2001). Compost utilization in ornamental and nursery crop production systems. In : Compost utilization in horticultural cropping systems. Stoffella P. J., Kahn B. A. (éds). New York, États-Unis, Lewis Publishers, pp. 135-150.
- Francou C. (2003). Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage—Recherche d'indicateurs pertinents. Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique, Paris Grignons (INAPG), France, 286 p.
- Fuchs J.G. & Larbi M. (2005). Disease control with quality compost in pot and field trials. I International Conference soil and compost eco-biology, León, Espagne, 15-17 septembre 2004. http://orgprints.org/4887/1/Fuchs-2005-Quality_Compost.pdf. [Consulté le 08/08/2022]
- Galiana Antoine. (1986). Reproduction sexuée du Framiré (*Terminalia ivorensis*) – étude descriptive et expérimentale. Nogent-sur-Marne : CIRAD-CTFT, 20 p.
- Garcia-Gil J.C., Ceppi S., Velasca M., Polo A. & Senesi N. (2004). Long-term effects of amendment with municipal solid waste compost on the elemental and acid functional group composition and pH-buffer capacity of soil humic acid. *Geoderma*, 121 : 135-142.

- Gobat J. M., Aragno M. & Matthey W. (2003). Le Sol vivant. Bases de pédologie-Biologie des sols. Deuxième Edition, Presse polytechniques et universitaires romandes, romandes, (suisse). 568 p.
- Gourdon R. (2001). Traitement biologique des déchets. *Techniques de l'ingénieur*. Environnement, vol. G2, n° G2060 : G2060.1-G2060. 14 p.
- Gouwakinnou N.G. (2006). Phytosociologie appliquée à l'aménagement de la forêt classée d'atchérigbé (Commune de Djidja, Centre-Bénin). Mémoire d'ingénieur, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, Djidja, (Bénin). 143 p.
- Goyal S., Dhull S. K. & Kapoor K. K. (2005). Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresource Technology*, 96: 1584-1591.
- Gravel-Grenier J., Lamhamedi MS., Beaulieu J., Carles S., Margolis HA., Rioux M., Stowe DC. & Lapointe L. (2011). Utilization of family genetic variability to improve the rootingability of white spruce (*Piceaglauca*) cuttings. *Canadian Journal of Forest Research*, 41: 1308–1318.
- Grossnickle SC. (2005). Importance of root growth in over coming planting stress. *New Forest*, 30: 273-294.
- Grossnickle SC. (2012). Whyseedling survive: influence of plant attributes. *New Forest*, 43: 711-738.
- Groulez J. & Wood P J. (1985). *Terminalia superba* ENGL. & DIELS, à Monograph. Commonwealth Forestry Institue, University Of Oxford, United kingdom & Centre Technique Forestier Tropical, Nogent Sur-Marne, (France), p. 77.
- Grundy A.C., Green J.M. & Lennartsson M. (1998). The effects of temperature on the viability of weed seeds in compost. *Compost Sciences and Utilization*, 3: 26-33. <https://doi.org/10.1080/1065657x.1998.10701928> [consulté le 11/05/2023]
- Guedira A., Lamhamedi M.S., Satrani B., Boulmane M., Serrar M. & Douira A. (2011). Valorisation des matières résiduelles et de la biomasse forestière au Maroc : compostage et confection de substrats organiques pour la production de plants forestiers. *Nature et Technologie*, 7: 87-95.
- Gyimah A. (1999). Storage of *Terminalia Superba* seeds. *Ghana Journal of Forestry*, 7: 21-24.
- Harada Y. & Inoko A. (1980). Relationship between cation exchange capacity and degree of maturity of city refuse. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 26: 353-362

- Hawthorne W. (1998). *Terminalia ivorensis*. In: IUCN. 2007 IUCN Red list of threatened species. [Internet] <http://www.iucnredlist.org>. Consulté les 8 Octobre 2018.
- Herbert H. & Breton B. (2008). Recyclage agricole des cendres de bois au Québec-Etat de la situation, impact et bonnes pratiques agro-environnementales. *Agrosolutions*, 12(2): 18-33.
- Hoitink H.A.J., Stone A.G. & Han D.Y. (1997). Suppression of plant diseases by composts. *Journal in Horticulture & Horticultural Science*, 32 : 184-187. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-1569-5-35> consulté le 02 décembre 2023
- Inckel M., Smet P., Tersmette T. & Veldkamp T. (2005). Fabrication et utilisation du compost. *Série Agrodok Wageningen (Pays-Bas)*, N°8, 72 p.
- INS (2021). Recensement général de la population et de l'habitat. Résultats globaux, Abidjan, 22 p.
- Irvine F.R. (1961). Woody plants of Ghana, with special reference to their uses. Oxford University Press, London, United Kingdom. 868 p.
- Johnson, A. (2015). Pratiques durables en agriculture. Éditions Écologiques. Pp 45
- Jung JKH & McCouch S. (2013). Getting to the roots of it : genetic and hormonal control of root architecture. *Frontiers in Plant Science. Plant Genet Genomics*, 4:1-32.
- Kaushal P. & Aussenac G. (1989). Transplanting shock in Corsican pine and cedar of Atlas seedlings: internal water deficit, growth and root regeneration. *Forest Ecology and Management*, 27: 29-40. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(89\)90000-0](https://doi.org/10.1016/0378-1127(89)90000-0) consulté 22 mai 2022
- Kitabala M. A., Tshala U J., Kalenda A., Tshijika I.M. & Mufind K. M. (2016). Effets de différentes doses de compost sur la production et la rentabilité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la ville de Kolwezi, Province du Lualaba, Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 102: 9669-9679.
- Koffie B.C.Y. & Kra K.S. (2013). La région du Haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire. *Revue de Geographic Tropicale et d'Environnement*, 2 : 1-9.
- Kouadio J.L, Aikins M, & Duff S. (2021). Écologie de *Terminalia ivorensis* A. Chev. *Journal of Tropical Forest Science*, 33(2), 123-135. <https://doi.org/10.1234/jtfs.2021.12345>
- Kouadio K.F. (2015). Contributions des biotechnologies à la sécurité alimentaire : cas du biofertilisant organique (symbiose *Anabaena-Azollae*, *Azolla filiculoides*) sur *Oryza sativa* (riz CB-one) en Côte d'Ivoire. Master en science, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. (Côte d'Ivoire). 50 p.

- Kpéra A., Gandonou C.B., Aboh B.A., Gandaho S. & Gnancadja S.L. (2017). Effet de différentes doses de bouse de vache, d'urine humaine et de leur combinaison sur la croissance végétative et le poids des fruits de l'ananas (*Ananas comosus* L.) au Sud Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 110 : 10761 -10775.
- Lamhamedi MS., Ammari Y., Fecteau B., Fortin JA. & Margolis HA. (2000a). Problématique des pépinières forestières en Afrique du Nord et stratégies de développement. *Cahiers Agricultures*, 9 : 369-380.
- Lamhamedi MS., Chamberland H., Bernier PY. & Tremblay FM. (2000b). Clonal variation in morphology, growth, physiology, anatomy and ultrastructure of container-grown white spruce somatic seedlings. *Tree Physiology*, 20 : 869-880.
- Lamhamedi MS., Fecteau B. & Bertrand S. (1999). Compostage de branches et d'écorces : utilisation dans les pépinières forestières en Tunisie. Rapport technique. Projet Fonds Nordique NIB/NDF. PAMPEV Internationale LTEE, Tunisie, 24 p
- Lamhamedi MS., Fecteau B., Godin L. & Gingras C. (2006a). Guide pratique de production en hors sol de plants forestiers, pastoraux et ornementaux en Tunisie. Projet ACIDI E4936-K061229. Pampev Internationale et Direction Générale des Forêts Tunisie (eds). *International Standard Book Number* 9973-914-08-2
- Landis T.D., Dumroese R.K. & Haase D.L. (2010). Seedling processing, storage and out planting. In *The Container Tree Nursery Manual*. Agricultural Handbook 674. Washington DC, US, Department of agriculture, Forest service, vol. 7, 200 p
- Landis T.D. & Morgan N. (2009). Growing media alternatives for forest and native plant nurseries. *Forest Service Proceedings*, 58 :29-31
- Lawani R.A.N., Kelomè N.C., Agassounon D.T.M., Hounkpè J.B. & Adjagodo A. (2017). Effets des pratiques agricoles sur la pollution des eaux de surface en République du Bénin. *Larhyss Journal*, 30 :173-190.
- Leclerc B. (2001). Guide des matières organiques ; (eds) guide technique de l'ITAB, 238p.
- Letreuch-Belarouci N. (1981). Les reboisements en Algérie et leur perspective d'avenir. Vol. I/V. Thèse de Doctorat, Faculté des sciences, Université Agron, Gembloux, Belgique, 608 p.
- Ligban R., Gone L.D., Kamagate B., Saley M.B. & Biemi J. (2009). Processus hydrogéochimique et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(1) : 38-47

- Loranger-Merciris G., Cabidoche Y.M., Deloné B., Quénéhervé P. & Ozier-Lafontaine H. (2012). How earthworm activities affect banana plant response to nematodes parasitism. *Applied Soil Ecology*, 52 : 1-8.
- M'Sadak Y., Ben M'Barek A. & Tayachi L. (2012). Possibilités d'incorporation du méthacompost avicole dans la confection des substrats de culture à base de compost sylvicole en pépinière forestière. *Revue Nature & Technologie*, 6 : 59-70.
- M'Sadak Y., Elouaer M.A., EL Kamel R. (2012a). Comportement physique des composts, des tamisats et des mélanges pour une meilleure exploitation en pépinière : Caractérisation physique des composts bruts, criblés et en mélange. *e-Revue de Génie Industriel* [en ligne], Numéro 8, 16 Août 2012. ISSN 1313-8871. <http://www.revue-genie-industriel.info/document.php?id=1607>. Consulté le 20/11/2022.
- Majeau J. A., Hébert M. & Desforges J. (2013). Les cendres de poêles à bois. Vecteur environnement, article technique, 49 p <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/articles/cendre-poele-bois> 201305.pdf. Consulté le 29/11/2020.
- Mapongmetsem P.M., Selegny & Nkongmeneck (1998). Germination des semences, développement et croissance de quelques essences locales en zones forestières au Cameroun. 55p
- Margolis H.A. & Brand D.G. (1990). An ecophysiological basis for understanding plantation establishment. *Canadian Journal of Forest Research*, 20 : 375-390.
- Masako & Asimonyio A.J. (2017). Etat actuel de la dégradation de la réserve forestière de Masako. Rapport de la mission de visite du 08 au 12 juillet 2013 de la reserve forestière de masako. Kisangani (République Démocratique du Congo), 23p.
- Mbakwe R.C. (1990). A note on the yield of *Terminalia ivorensis* in Umuaguro, Nigeria. *Journal of Tropical Forest Science*, 3 : 88-89.
- Meng Y., Caiyan L., George F. & Harinder P.S.M. (2009). Current situation and prospects of *Jatropha curcas* as a multipurpose tree in China. *Agroforestry Systèmes*, 76 : 487-497.
- Michel A., Bosch C. & Rexroth M. (2014). Mindfulness as a cognitive-emotional segmentation strategy: An intervention promoting work-life balance. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 87 : 733-754.
- Miller J.H. & Jones N. (1995). Organic and compost-based growing media for tree seedlings nurseries. World Bank Technical Paper 264.

- MINAGRI (Ministère de l'Agriculture). (2010). Ministère de l'Agriculture, Novembre 2010. Annuaire des statistiques agricoles, Abidjan, Direction des statistiques, de la documentation et de l'informatique, Côte d'Ivoire, 73 p.
- Minengu J. D. (2014). Etude des possibilités de culture de *Jatropha curcas* L dans la région de Kinshasa. Thèse de Doctorat, faculté de Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique, Université de Liège, France, 178 p.
- Morin, É. (2004). Le lombricompostage, une façon écologique de traiter les résidus organiques. In E.58 P.-M. P (Ed.), *Guide pratique* (pp. 1–20).
- Moya R. & Tomazello F.M. (2008). Variation in the wood anatomical structure of *Gmelina arborea* (Verbenaceae) trees at different ecological conditions in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 56 : 689-704.
- Münch E. & Kiefer J. (1986). Le pourghère (*Jatropha curcas* L.) : botanique, écologie, culture (1ère partie). Mémoire de fin d'études : Université de Stuttgart-Hohenheim (Allemagne). 276 p
- Mustapha B. (2015). Développement de substrats de croissance et amélioration des techniques de production de plants des essences agro-forestières adaptées aux zones arides. Thèse de Doctorat, faculté de sciences forestières, Université Laval, Québec, Canada, 148 p
- Mustin M. (1987). Le compost, Gestion de la matière organique, Edition François Dubusc, Paris, France, 954 p.
- N'Guessan A.H., N'Guessan K.F., Kouassi. K.P., Kouamé N.N. & N'Guessan. P.W. (2014). Dynamique des populations du foreur des tiges du cacaoyer, *Eulophonus myrmeleon*. Felder Lépidoptère : Cossidae) dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire, *Journal of Applied Biosciences*, 83 : 7606-76149.
- Nanéma S. L. (2007). Compostage et évaluation de l'efficacité agronomique du compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso. Mémoire d'Ingénieur, IPR/IFRA, Katiébougou, Mali, 67 p.
- Neuwinger H.D. (2000). African traditional medicine : dictionary of plant use and applications. Medpharm Scientific, Stuttgart, Germany, 589 p
- Ngoyi AN., Masanga GK., Bila HM., Yashima AY., Milambo MM., Ndjibu LN. & Baboy LL. (2020). Effet des amendements organiques sur la croissance et le rendement de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) cultivée sur un sol dégradé dans la région de Kabinda, République Démocratique du Congo. *International Journal of Biological Sciences*, 14(5): 1812-1819. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i5.24>

- Nikiema A., Pasternak D., Sembeto D. & Koala S. (2006). ICRISAT: Manuel de pépinière pour arbres agroforestiers et fruitiers au Sahel, Sadoré, Niger, 63 p.
- Nkongolo NV. & Caron J. (1999). Barkparticle sizes and the modification of the physical properties of peat substrates. *Canadian Journal of Soil Science* 79 : 111-116
- Nwanosike M.R.O. (2005). Evaluation of mistletoes (*Tapinanthus sp.*) on the ornamental plants and trees in selected academic and research institutions in Zaria, Nigeria. *Journal of Agriculture, Forestry and Social Sciences*, 3(2): 86-91.
- Nyembo K.L., Useni S.Y., Mpundu M.M., Kyungu K. & Baboy L.L. (2014). Evaluation des nouvelles variétés de maïs (*Zea mays* L.) en provenance de la firme Pannar dans les conditions climatiques de la région de Lubumbashi (RD Congo). *E-Revue unilu*. 1: 52-61
- Nzila & Damara. (2011). Evaluation des Performances de *Jatropha curcas* L. dans des conditions pédoclimatiques en Nzila en République Centrafricaine (RCA), 33p.
- Ognalaga M., M'akoué D. M., Mve S. D. M. & Ovono P. O. (2017). Effet de la bouse de vaches, du NPK 15 15 15 et de l'urée à 46% sur la croissance et la production du manioc (*Manihot esculenta* C) au Sud-Est du Gabon (Franceville). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 3 (31) : 5063 - 5073.
- Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R. & Anthony S. (2009). Agroforestry Data base : a tree reference and selection guide version 4.0. World Agroforestry Centre, Kenya
- Ostos JC., López-Garrido R., Murillo RJ. & López R (2008) Substitution of peat for municipal solid waste- and sewages ludge-based composts in nursery growing media : Effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. *Bioresource Technologie*,199:1793-180.
- Ouédraogo E. (2004). Le compostage pour l'amélioration de la fertilité des sols et de la production (éd. 1ère édition). CEAS, Imprimerie A.D, Ouagadougou, Burkina Faso. 31 p.
- Pauwels L. (1993). Guide des arbres et arbustes de la région de Kinshasa-Brazzaville. Jardin Botanique National de Belgique, Meise, Belgium. 495 pp.
- Perucci P., Monaci E., Casucci C. & Vischetti C. (2006). Effect of recycling woodash on microbiological and biochemical properties of soils. *Agronomy for Sustainable Development*, 26 (3) : 157 -165.
- Pieri C. (1989). Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente années de recherche et de développement au Sud du Sahara. Ministère de la Coopération Française, CIRAD Montpellier, France. 444 p

- RGPH (2021). Recensement General de la population et de l'habitat. Rapport d'exécution et présentation des résultats, 49 p.
- Rishi R.R. & Barthakur N.D. (2016). An epidemi outbreak of Crasped on taleayana (Latreille) on *Gmelina arborea* Roxb. In Cachar (Barak Valley), Assam, India. *Current Biotica*, 10(2): 149-152.
- Sall P. M. (2014). Étude du compost et du lixiviat obtenus par co-compostage des résidus agroalimentaires à la ferme. Mémoire de Maîtrise en biologie végétale. Maître ès sciences (M. Sc.). Université de LAVAL Québec, Canada. 125 p.
- Sangaré A., Koffi E., Akamou F. & Fall C.A. (2009). Etat des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Second rapport national, Rapport,. [http: // www.fao.org/tempref/AG/agp/countryreports/CôteIvoireFinalReport.pdf](http://www.fao.org/tempref/AG/agp/countryreports/CôteIvoireFinalReport.pdf). Côte d'Ivoire. 65 p
- Schiefelbein J.W. & Somerville C. (1990) Genetic control of root hair development in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Cell*, 2 : 235-243
- Sédogo P. M. (1993). Influence des sols ferrugineux lessivés sous cultures : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de Doctorat ès Sciences, Université nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire, 330 p.
- Senthilkumar N. & Barthakur N.D. (2008). *Alcidodes ludificator* Faust : a serious insectpest of nursery and young plantations of *Gmelina arborea* (Roxb.) in north eastern India. *Current Biotica*, 2(4): 493-494.
- Séréme A. & Mey P. (2007). Valorisation agricole des ordures ménagères en zone soudano-sahélienne : cas de la ville de Bobo Dioulasso. *Revue CAMES- Série A*, 5 : 64-71.
- Siepel A., Poorter L. & Hawthorne W.D. (2004). Ecological profiles of large timber species. In: Poorter L., Bongers F., Kouamé F.N. & Hawthorne W.D. (Editors). Biodiversity of West African forests. An ecological atlas of woody plant species. CABI Publishing, *CAB International, Wallingford, United Kingdom*. 391–445.
- Smith, J. (2010). Introduction au compostage. Éditions Vertes. pp. 250
- SODEFOR, (2000). Société de Développement des Forêts. Plan d'Action pour la mise en œuvre de la Nouvelle Politique Forestière – Rép. De Côte d'Ivoire, Ministère de la Construction et de l'environnement. Rapport, 34 p.
- Soltner D. (1986). Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol, col. Sciences et Techniques Agricoles, , 14ème Edition, Angers, France 465 p.
- Stewart D.P.C., Cameron K.C., Cornforth L.S. & Sedcole J.R. (1997). 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.
- Tahirou T., Adama C., Seydou S., John S. C. & Togo S. (2012). Technique du compostage. *Guide pour la gestion et la Conservation des Ressources Naturelles*. Annexe : Manuel technique 6.
- Tiebre M.S., Ouattara D., Yao C.Y.A., Gnagbo A. & N'guessan K.E. (2016). Caractérisation de la flore et de la végétation et potentiel de conservation de la biodiversité végétale en zone d'activités anthropiques dans le Nord-est de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 3 : 893-900.
- Thomas D.L. & Khadduri N. (2008). Composting applications in forest and conservation nurseries. *Forest Nursery Notes*, 2 : 9-18.
- Tuo P., Coulibaly M., Aké D.F., Tamboura A.T. & Kouassi A.P. (2016). Ordures ménagères, eaux usées et santé de la population dans la ville de Daloa (centre-ouest de la Côte d'Ivoire). *Regardsuds*, 2 : 192- 213.
- UseniS Y., Baboy L. L., Kanyenga L. A., Assani B.L.M., MbuyiK.M., Kasanda M. N., Mbayo K. L. J., Mpundu M. M. & Nyembo K. L. (2013). Problématique de la valorisation agricole des biodéchets dans la ville de Lubumbashi : identification des acteurs, pratiques et caractérisation des déchets utilisés en maraîchage. *Journal of Applied Biosciences*, 76:6326–6337.
- WRAP (Waste. & Resources Action Programme) (2011). Guidelines for Specification of Quality Compost for Use in Growing Media. WRAP, UK. <http://www.wrap.org>. [Consulté le 05/6/2022].
- WRAP (Waste & Resources Action Programme) (2013). The Retailers' Guide to Reducing Peat in Growing Media. 16th July. UK . <http://www.wrap.org>. [Consulté le 05/6/2022].
- Yeager TH., Fare DC., Lea-Cox J., Ruter J., Bilderback TE., Gilliam CH., Niemiera AX., Warren SL., Whitwell TE., Wright RD. & Tilt KM. (2007). Best management practices : guide for producing container-grown plants, 2nd ed. Southern Nursery men's Assoc, Marietta, GA. 25 p
- Zro F.G.B., Guéi A.M., Nangah Y.K., 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.

ANNEXES

Annexe 1 : Processus de compostage

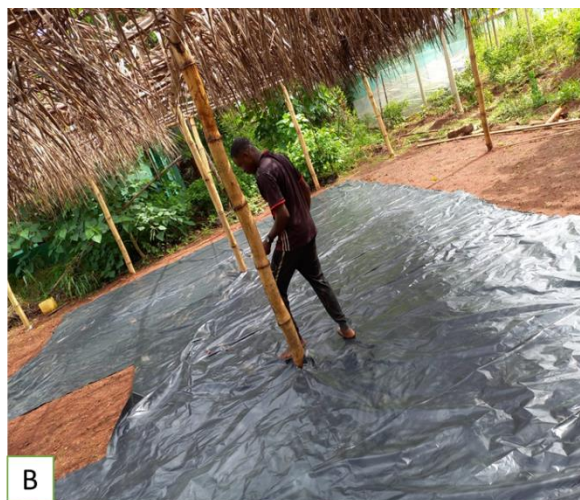


A : Disposition en couche des matières fraîches sur une bâche, B : Mélange à l'aide d'une pelle ,C : Produit final après mélange, D : Humidification du mélange

Annexe 2 : Biotest de germination

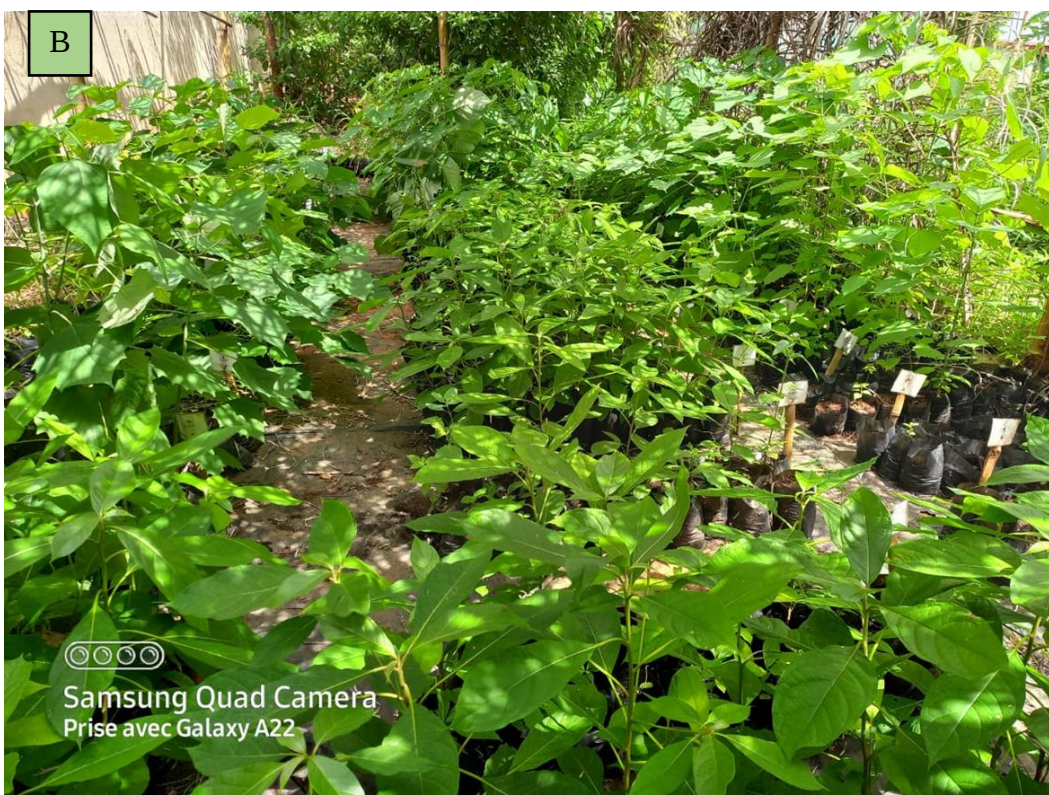


Annexe 3 : Mise en place de la pépinière



A : Remplissage des sachets de polyéthylène, B : Construction de l'ombrière, C : Disposition des sachets selon un dispositif en bloc en complet randomisé, D : Indentification des parcelles élémentaires.

Annexe 4 : Aspect de la pépinière 21 jours après semis (A) et 4 mois après semis (B)



Annexe 5 : Fiche de germination

Terminalia superba

OK

FICHE DE GERMINATION

Date de semis : 14/05/2022

localité :

Bloc : 1

Nom de l'espèce : R. SAE

Nombre de graines = 120/substrat (3/pot)			
N°1: 07/06/.....	N°11: 08/06/.....	N°21: 31/05/.....	N°31:...../.....
...../.....	19/06/.....	/.....	/.....
N°2:...../.....	N°12: 08/06/.....	N°22: 02/06/.....	N°32:...../.....
...../.....	/.....	/.....	/.....
N°3: 07/06/.....	N°13: 31/05/.....	N°23: 12/06/.....	N°33:...../.....
08/06/.....	11/06/.....	/.....	/.....
N°4: 13/06/.....	N°14: 05/06/22	N°24: 06/06/22	N°34:...../.....
...../.....	12/06/.....	/.....	/.....
N°5: 05/06/22	N°15: 06/06/22	N°25:...../.....	N°35:...../.....
...../.....	08/06/.....	/.....	/.....
N°6: 02/06/22	N°16: 05/06/22	N°26:...../.....	N°36:...../.....
...../.....	07/06/.....	/.....	/.....
N°7: 05/06/22	N°17:...../.....	N°27: 06/06/22	N°37:...../.....
...../.....	/.....	/.....	/.....
N°8: 03/06/.....	N°18: 10/06/.....	N°28: 31/06/.....	N°38:...../.....
12/06/.....	12/06/.....	05/06/.....	/.....
N°9: 06/06/22	N°19: 05/06/22	N°29: 06/06/.....	N°39:...../.....
...../.....	08/06/.....	10/06/.....	/.....
N°10: 05/06/22	N°20: 05/06/22	N°30: 08/06/.....	N°40:...../.....
15/06/.....	/.....	/.....	/.....

ALAIN

*Durée d'attente de germination :

*Vitesse de germination :

*Délais de germination :

*Durée de germination :

*Taux de germination :

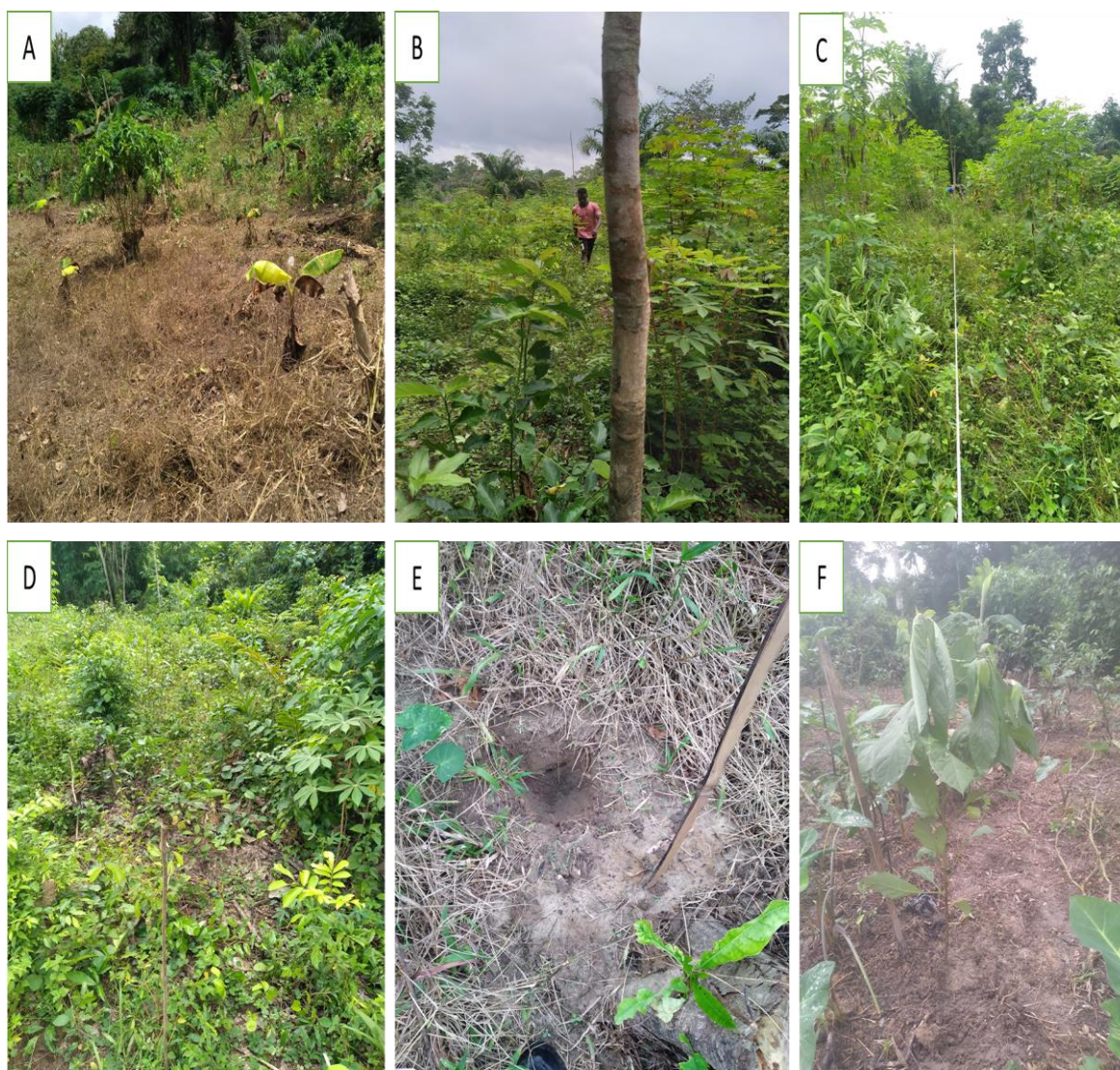
FICHE DE RELEVÉ DES PARAMÈTRES DE CROISSANCE DE LA PLANTE

Bloc : 1

Date : 27/07/2022

Noms espèces	n° des plants	NF	Hauteur	Longueur f	largeur f	Diam collet		NF	Hauteur	Longueur f	largeur f	Diam collet
LISA	P1	7	11,7	9,5	4,3	2,4	P11	8	15,2	8	3,1	2
	P2	8	11,3	8,5	3,4	2,4	P12	8	13,5	6,5	2,9	2,4
	P3	8	10,5	7,3	2,3	2,2	P13	7	7,1	6,7	2,3	1,8
	P4	9	14,2	7,5	2,8	2,2	P14	9	12	7	3,1	2,4
	P5	9	11,3	7	2,3	2,1	P15	8	9,9	7,5	3,2	1,8
	P6	7	10,2	8,3	3	2,1	P16	9	11	8,5	3,6	2
	P7	9	10,9	5,8	3,2	2,2	P17	7	11,8	7,8	3,1	2,2
	P8	9	12,8	8	2,9	2,3	P18	9	15,9	7,8	3,7	2,6
	P9	10	14	7,5	3,5	2,2	P19	8	12	5,9	2,8	2,2
	P10	8	15,1	8,1	3,2	2	P20	7	7,6	8	3,6	2
LISA	P1	7	10	8,5	3,1	2	P11	8	8,8	5,2	2,5	1,9
	P2	9	10,5	7,5	3	2	P12	7	9	8	3,6	1,7
	P3	7	10,6	7,1	3	1,9	P13	8	9,8	6	2,8	1,7
	P4	8	8,2	8,5	2,2	1,6	P14	7	10	6	2,5	1,5
	P5	7	10	6,2	2,4	1,6	P15	8	11,2	7,5	3,7	2,1
	P6	7	9,8	6,2	2,8	1,7	P16	7	11,4	7,8	4,2	2,1
	P7	6	7,9	6,6	3,2	1,5	P17	7	10,9	7,8	3,1	2,2
	P8	7	8	5,3	2,2	1,6	P18	8	10,2	7	3,3	2
	P9	6	8	6	2,5	1,6	P19	8	11	6,6	3,5	1,8
	P10	7	8,9	6,6	3,2	1,9	P20	7	8,8	7,2	2,8	1,8

Annexe 7: Quelques étapes de la mise en de la parcelle expérimentale



A : défrichage ; B : disposition des jalons pour le tracer des lignes ; C : déroulement du décamètre pour le piquetage ; D : piquetage ; E : trouaison ; F : planting

PRODUCTION SCIENTIFIQUES

ARTICLES

1. **Kouame A.P.R.**, Grog N. & Vouhy B.N. (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.
2. **Raymond, K. A. P.**, Noël, G., & Oscar, K. K. A. (2024). Trial on the Production and Use of Compost Made from *Pterygota bequaertii* Crushed Material and *Terminalia ivorensis* a Chev Crushed Material for the Production of *Gmelina arborea* Seedlings : A Study from Daloa, Central Western Côte d'Ivoire. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(11), 431–444.
<https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i113065>

COMMUNICATIONS

1. Cette thèse a été présentée au concours Ma Thèse en 180 secondes (MT180) à l'université Jean Lorougnon Guédé, organisée en 2021.
2. Une communication tirée de cette thèse a été présentée à la 5^{ème} édition des journées scientifiques du CAMES (JSDC-5) en décembre 2021.
3. Une communication tirée de cette thèse a été présentée à la 6^{ème} édition des journées scientifiques du CAMES (JSDC-6) en Mars 2024.

Résumé

La surexploitation des ressources naturelles dans les forêts semi-décidues de la zone forestière en Côte d'Ivoire ont conduit à la dégradation de la couverture végétale. Réduisant ainsi la continuité écologique des biomes des forêts semi-décidues de la zone forestière. Pour restaurer ces écosystèmes, les plantations d'espèces agroforestières sont recommandées. Cependant, la production en pépinière de ces types d'arbres à l'aide de semences ou de techniques de multiplication végétative est confrontée à plusieurs problèmes, tels que l'utilisation de substrats avec des propriétés physico-chimiques défavorables et souvent contaminés avec des pathogènes. Cette étude vise à optimiser la culture de trois espèces forestières fortement exploitées, que sont *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis* et *Gmelina arborea*. Une approche novatrice et simple a été développée pour produire des substrats de croissance par compostage de broyat de *Pterygota bequaertii* et de *Terminalia Ivorensis*. Suite au processus de compostage de six mois, quatre substrats (SA, SB, SC, SD) ont été élaborés, l'un (SA) selon la méthode d'« Effective Microorganisms » et comparé au témoin S0 (terreau). Les propriétés physico-chimiques de ces quatre composts et du substrat standard terreau forestier ont été évaluées et leurs effets sur les comportements germinatifs et végétatifs (hauteur, diamètre, nombre de feuille et ratio de robustesse) des espèces cibles. Les analyses en composantes principales ont montré que la composition chimique des substrats est reproductible et prédictible à partir de leurs matières organiques premières. Avec les trois espèces cibles les plants présents sur les substrats élaborés ont donné les meilleurs indices de robustesse comparativement au témoin. Le substrat SC a présenté dans l'ensemble les meilleures valeurs au niveau de l'évaluation des paramètres végétatif que germinatif. Les composts de *Pterygota bequaertii* et de *Terminalia* ont permis aux semis de produire des systèmes racinaires bien développés ainsi une bonne reprise en plantation. Ces résultats permettraient d'améliorer la qualité des plants et leur protection contre les agents pathogènes en pépinière. La généralisation de l'approche de compostage décrite ici pour les pays disposant de ressources limitées dans les régions arides est prometteuse.

Mots clés : Compost, substrat de croissance, essences forestières, pépinière, sciures de bois, production de plants

Abstract

The over-exploitation of natural resources in the semi-deciduous forests of the Côte d'Ivoire forest zone has led to the degradation of the vegetation cover. This has reduced the ecological continuity of the semi-deciduous forest biomes in the forest zone. To restore these ecosystems, plantations of agroforestry species are recommended. However, nursery production of these types of trees using seed or vegetative propagation techniques faces a number of problems, such as the use of substrates with unfavourable physico-chemical properties and often contaminated with pathogens. This study aims to optimise the cultivation of three heavily exploited forest species, *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis* and *Gmelina arborea*. An innovative and simple approach was developed to produce growth substrates by composting *pterygota bequaertii* and *Terminalia ivorensis* shreds. Following a six-month composting process, four growth substrates (SA, SB, SC, SD) were developed, one (SA) using the "Effective Microorganisms" method and compared with the S0 control (potting soil). The physico-chemical properties (pH, total, aeration and retention porosities; electrical conductivity, nitrogen, phosphorus and potassium) of these four composts and of the standard forest loam substrate were assessed, along with their effects on the germination (germination percentage) and vegetative (height, diameter, number of leaves and robustness ratio) behaviour of the target species. Principal component analyses showed that the chemical composition of the substrates is reproducible and predictable from their organic raw materials. With the three target species, the plants on the prepared substrates gave the best robustness indices compared with the control. The SC substrate showed the best overall values for both vegetative and germination parameters. The *Pterygota bequaertii* and *Terminalia* composts enabled the seedlings to produce well-developed root systems and to recover well when planted. These results should make it possible to improve the quality of seedlings and their protection against pathogens in the nursery. The composting approach described here holds great promise for countries with limited resources in arid regions.

Keywords : compost, growth substrate, forest tree species, nursery, wood scuire, plant production