



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 : 2021-2022

N° D'ORDRE :

065/22

CANDIDAT

Nom : N'GONIAN

Prénoms : Kouadio Serge

Soutenue publiquement

le : 10/12/2022

THÈSE DE DOCTORAT

Mention : Agriculture et Foresterie Tropicale

Spécialité : Physiologie végétale/ Agrophysiologie

**Influence des fertilisations minérale et organique sur
la productivité du manioc (*Manihot esculenta* Crantz)
à partir des miniboutures déshydratées à Daloa dans
le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire**

JURY

**Président : M. BEUGRE Grah Avit Maxwell, Professeur Titulaire,
Université Jean Lorougnon GUEDE**

**Directeur : M. BOYE Mambé Auguste-Denise, Maître de
Conférences, Université Jean Lorougnon GUEDE**

**Rapporteur : M. SOKO Dago Faustin, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon GUEDE**

**Examineurs : M. KOUAKOU Tanoh Hilaire, Professeur Titulaire,
Université NANGUI Abrogoua**

**M. KOTCHI Valère, Maître de Conférences, Université Jean
Lorougnon GUEDE**

TABLE DES MATIERES

DÉDICACE.....	v
AVANT-PROPOS	vi
REMERCIEMENTS	vii
SIGLES ET ABRÉVIATIONS	x
LISTE DES TABLEAUX.....	xii
LISTE DES FIGURES.....	xiv
LISTE DES ANNEXES	xvi
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS	
Chapitre 1 : Le manioc	6
1.1. Origine et distribution	6
1.2. Description botanique	6
1.2.1. Taxonomie.....	6
1.2.2. Position systématique.....	7
1.2.3. Morphologie de la plante.....	7
1.3. Phases phénologiques du manioc	11
1.4. Ecologie et physiologie du manioc	12
1.4.1. Conditions climatiques.....	12
1.4.2. Facteurs édaphiques	13
1.4.3. Adaptations physiologiques	13
1.5. Contraintes liées à la culture du manioc.....	14
1.5.1. Ravageurs	14
1.5.2. Maladies du manioc	15
1.5.3. Mauvaises herbes	18
1.6. Transformation et importance des racines tubérisées du manioc.....	18
1.6.1. Transformation des racines tubérisées	18
1.6.2. Importance nutritionnelle du manioc	19
1.6.3. Utilisations industrielles.....	20
1.6.4. Importance économique	20
1.6.5. Importance sociale.....	21
1.7. Production et prix du manioc en Côte d'Ivoire	22
1.8. Variétés de manioc cultivées en Côte d'Ivoire	24

1.9. Itinéraire du manioc	25
1.9.1. Choix et préparation du terrain.....	25
1.9.2. Choix et préparation des boutures	27
1.9.3. Périodes de plantation	27
1.9.4. Mode et densité de plantation.....	27
1.9.5. Entretien	27
1.9.6. Protection de la culture.....	28
1.9.7. Systèmes de culture du manioc	28
1.10. Conclusion partielle.....	29
Chapitre 2 : Fertilisation minérale et amendement	30
2.1. Fertilisants	30
2.2. Rôles des fertilisants.....	30
2.2.1. Fertilisants minéraux	30
2.2.2. Engrais organo-minéraux	31
2.2.3. Fertilisants organiques.....	31
2.2.4. Substrats organiques.....	31
2.3. Fertilisation minérale et production des plantes cultivées	34
2.4. Fertilisation organique et production des plantes cultivées	35
2.5. Fertilisation du manioc.....	36
2.6. Conclusion partielle.....	37
Chapitre 3 : Zone d'étude.....	38
3.1. Daloa dans la région du Haut-Sassandra.....	38
3.2. Climat.....	38
3.3. Relief et sol.....	40
3.4. Flore et végétation.....	41
3.5. Hydrologie.....	41
3.6. Population et activités économiques	42
3.7. Conclusion partielle.....	42
DEUXIÈME PARTIE : EXPÉRIMENTATION	
Chapitre 4 : Caractérisation des paramètres physiques et chimiques du sol du site expérimental et des fertilisants organiques	44
4.1. Matériel biologique et tellurique	44
4.2. Méthodes	44
4.2.1. Echantillonnage	44

4.2.2. Caractérisation physico-chimique du sol et des fertilisants	46
4.3. Analyses statistiques	46
Chapitre 5 : Evaluation des performances agromorphologiques de deux variétés de manioc	
sur divers substrats de pépinière.....	47
5.1. Matériel végétal.....	47
5.2. Méthodes	47
5.2.1. Formulation des substrats.....	47
5.2.2. Dose de NPK et des fertilisants organiques apportés en pépinière	48
5.2.3. Confection des substrats et disposition des substrats de culture sous l'ombrière	48
5.2.4. Choix et préparation des boutures	49
5.2.5. Plantation.....	50
5.2.6. Entretien de la pépinière et acclimatation	51
5.2.7. Evaluation des paramètres agronomiques	52
5.3. Analyses statistiques	53
Chapitre 6 : Evaluation de l'impact des fertilisations minérale et organique sur les para-	
mètres de croissance et de production des plants-pépinière.....	54
6.1. Matériel	54
6.1.1. Matériel végétal.....	54
6.1.2. Formulation des traitements	54
6.2. Méthodes	56
6.2.1. Mise en place de la parcelle	56
6.2.2. Dispositif expérimental, piquetage et trouaison.....	56
6.2.3. Planting.....	56
6.2.4. Entretien et fertilisation de la plantation	58
6.2.5. Récolte.....	61
6.2.6. Evaluation des paramètres agronomiques des plants de Bocou 1 et Yavo en champ....	61
6.3. Analyses statistiques	63
TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION	
Chapitre 7 : Caractérisation des paramètres physiques et chimiques du sol du site	
expérimental et des fertilisants organiques	66
7.1. Résultats	66
7.1.1. Variation granulométrique du sol.....	66
7.1.2. Variation chimique du sol avant et après plantation	66
7.1.3. Variabilité des composants chimiques des fertilisants organiques	68

7.2. Discussion	69
7.3. Conclusion partielle.....	72
Chapitre 8 : Evaluation des performances agromorphologiques de deux variétés de manioc sur divers substrats de pépinière.....	73
8.1. Résultats	73
8.1.1. Effet des substrats sur la régénération des miniboutures de Bocou 1 et Yavo.....	73
8.1.2. Effets des substrats sur les paramètres agromorphologiques des plants de Bocou 1	74
8.1.3. Effets des substrats sur les paramètres agromorphologiques des plants de Yavo.....	76
8.1.4. Effet des substrats et des variétés sur les paramètres morphologiques	78
8.1.5. Tests de corrélation	81
8.2. Discussion	82
8.3. Conclusion partielle.....	86
Chapitre 9 : Evaluation de l'impact des fertilisations minérale et organique sur les paramètres de croissance et de production des plants-pépinière.....	87
9.1. Résultats	87
9.1.1. Effet des traitements sur les paramètres de croissance des plants de Bocou 1 et Yavo.	87
9.1.2. Effet des traitements sur les paramètres de production des plants de Bocou 1 et Yavo	95
9.1.3. Compte d'exploitation de la production de racines tubérisées de manioc Bocou 1	102
9.1.4. Compte d'exploitation de la production de racines tubérisées de manioc Yavo	104
9.1.5. Classification des traitements en fonction du bénéfice net	104
9.2. Discussion	107
9.3. Conclusion partielle.....	112
CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES	113
RÉFÉRENCES.....	116
ANNEXES	xxii
PUBLICATION TIRÉE DE LA THESE.....	xxxii
RESUME.....	xxxiii
ABSTRACT	xxxiii

DÉDICACE

A mon père BELLA N'Gonian et ma mère SIALLOU Akissi Agnès

A mes frères et sœurs, N'GONIAN Affoué Odette, N'GONIAN Kouamé Jeannot, N'GONIAN

Ahou Gisèle, N'GONIAN Yao Clément et BELLA N'Guessan

AVANT-PROPOS

Le présent document est le rapport de Thèse de Doctorat pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université Jean Lorougnon Guédé. Il porte sur l'influence des fertilisations minérale et organique sur la productivité du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) à partir des miniboutures déshydratées à Daloa dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Il s'inscrit dans la mention « Agriculture et foresterie tropicale » de la Formation Doctorale en Agriculture et Environnement Tropical (FD AET). Cette mention a pour objectifs d'améliorer la productivité et la qualité des cultures, de promouvoir les techniques culturales novatrices et respectueuses de l'environnement, de valoriser les sous-produits agricoles et sylvicoles de l'Université Jean Lorougnon Guédé Daloa. En outre, cette étude a consisté, d'une part, à produire des plants-pépinière à partir des miniboutures déshydratées de deux variétés améliorées de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) sur dix substrats puis, d'autre part, à l'évaluation de l'effet de certaines fumures organiques et minérales sur la croissance et la productivité des plants-pépinière. C'est une des rares études en Côte d'Ivoire qui porte sur l'établissement d'un protocole expérimental pour la production de pépinières de manioc en vue d'étudier sa productivité.

Par ailleurs, les principales contraintes à la production du manioc sont également liées à des opérations culturales mal réalisées (sarclages, densités de culture, fertilisation), à la non utilisation des variétés améliorées résistantes et plus productibles, à la mauvaise gestion de la fertilité des sols, au faible niveau de fertilité intrinsèque des sols. De plus, la faible production du manioc est due à l'insignifiante utilisation des engrais minéraux et organiques en milieu rural, compte tenu du faible pouvoir d'achat du paysan.

Ce travail a été élaboré dans le but d'améliorer la productivité du manioc pour lutter contre l'insécurité alimentaire.

REMERCIEMENTS

Si la thèse peut être un projet personnel, elle est, et demeure le fruit d'un travail collectif auquel contribuent des institutions et de nombreuses personnes. Avant d'exposer les travaux de cette thèse, nous voudrions à travers les lignes qui suivent, traduire notre gratitude sans être exhaustif, à tous ceux qui d'une manière ou d'une autre, ont apporté leurs concours précieux.

Nous remercions Madame TIDOU Abiba Sanogo épouse KONE, Professeur Titulaire en Ecotoxicologie, Présidente de l'Université Jean Lorougnon GUEDE Daloa (UJLoG), à qui Nous exprimons nos sincères remerciements pour avoir autorisé mon inscription en Thèse de Doctorat. Qu'elle soit remerciée pour la mise à notre disposition d'un cadre propice de travail qui est l'Université dont elle a la charge.

Nous remercions Monsieur KONE Tidiani, Professeur Titulaire en Hydrobiologie à l'Université Jean Lorougnon GUEDE de Daloa et Vice-Président Chargé de la Pédagogie de la Vie Universitaire, de la Recherche et de l'Innovation Technologique à l'Université Jean Lorougnon GUEDE. Nous voulons vous témoigner toute notre reconnaissance pour votre permanente sollicitude. Monsieur AKAFFOU Doffou Sélastique, Professeur Titulaire en Génétique, Vice-Président Chargé de la Programmation, de la Planification et des Relations Extérieures de l'Université Jean Lorougnon GUEDE, pour ses apports inestimables dans notre formation.

Nous remercions Madame TONESSIA Dolou Charlotte, Maître de Conférences en Physiologie Végétale, Directrice de l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon GUEDE Daloa. Qu'elle soit remerciée pour sa disponibilité et sa tendresse à l'endroit de tous les étudiants de la formation doctorale de l'UFR Agroforesterie.

Nous remercions Monsieur AYOLIE Koutoua, Maître de Conférences en Physiologie Végétale, Responsable du laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole de l'Université Jean Lorougnon GUEDE Daloa, pour ses conseils et les enseignements prodigués.

Le travail présenté ici, doit énormément à Monsieur BOYE Mambé Auguste-Denise, Maître de Conférences en Physiologie Végétale, Chef de Service de la Recherche Scientifique de l'Université Jean Lorougnon GUEDE Daloa. Il s'est beaucoup investi dans la conception et la mise en œuvre de ce travail. Nous avons bénéficié de ses riches expériences sur le terrain. Nous tenons à lui exprimer nos plus vifs remerciements et notre profonde gratitude pour son encadrement, pour les remarques constructives ainsi que pour ses précieux conseils durant

toute la période de ce travail. Nous le remercions également pour la confiance qu'il m'a accordée. En dehors de ses apports scientifiques, nous n'oublions pas aussi de le remercier pour ses qualités humaines et son soutien qui nous a permis de mener à bien ce travail. Il a forgé en nous une rigueur aussi bien au niveau scientifique qu'au niveau professionnel.

Nous tenons également à exprimer notre profond respect et notre gratitude à Madame YEBOUE N'Guessan Lucie, Maître de Conférences en Entomologie, Président du Conseil Scientifique de l'UFR Agroforesterie pour l'évaluation scientifique de ce mémoire.

Notre gratitude, notre profond respect et nos remerciements à Monsieur BEUGRE Grah Avit Maxwell, Professeur Titulaire en Biochimie de l'Université Jean Lorougnon GUEDE d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

A Monsieur SOKO Dago Faustin, Maître de Conférences en Physiologie Végétale de l'Université Jean Lorougnon GUEDE ; soyez remercié pour votre précieuse contribution à l'amélioration de ce document, en votre qualité de référé et de rapporteur pour cette thèse.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à Monsieur KOUAKOU Tanoh Hilaire, Professeur Titulaire en Biotechnologie, Physiologie et Physiopathologie Végétale à l'Université NANGUI Abrogoua et à Monsieur KOTCHI Valère, Maître de Conférences en Agronomie-Pédologie de l'Université Jean Lorougnon GUEDE pour leur précieuse contribution à l'amélioration de ce document, en leur qualité d'examineur pour cette thèse.

A tous les Enseignants-Chercheurs de l'Université Jean Lorougnon GUEDE de Daloa en particulier ceux de l'UFR Agroforesterie et tous les membres de l'administration qui sont toujours restés à l'écoute des étudiants que nous sommes. Dieu les bénisse.

Les travaux de terrain de cette thèse ont été possibles grâce aux concours moral et surtout physique, de nombreuses personnes que nous voudrions ici remercier à savoir AKA Borel junior Kévin, GBONO Koffi Yves Martin, BOUMI Demin Marcos, KOFFI Kablan Bernard, AKA Kouadio Charles, YOBOUET Konan Elie, DJE Kouakou Amoin Ange Marina.

Nous remercions mes parents, mon père BELLA N'Gonian et ma mère SIALLOU Akissi Agnès, qui m'ont donné les premières leçons d'égalité, de justice, de courage et de travail. Ils ont prouvé en me scolarisant, que les études devraient être pour moi mon seul salut. Soyez remercié pour votre soutien incommensurable.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude et notre reconnaissance, à ma tutrice ALLA Amenan Thérèse et ses enfants TRAORE Abdul Aziz, TRAORE Mohamed Maza et TRAORE Noura Kady, qui ont accepté de m'accueillir sous leur toit durant mon cursus universitaire. Nous remercions mon parrain et conseiller, SORO Jean Paul, pour son assistance significative et pour ses prières.

Nous remercions Monsieur BELLA Kouassi Gilbert, mon oncle, pour son soutien moral et financier, chaque fois que le besoin se faisait sentir. Merci pour ton apport inestimable pour la réalisation de cette thèse.

Nous tenons aussi à remercier ma belle-famille, pour son soutien moral. Puisse l'Eternel leur combler de ces grâces.

Un grand merci à YAO Juste Bénédicte Amani (ma complice) et à N'GONIAN Kouadio Yves Israël (mon fils) qui ont souffert de mes multiples absences et de mes inattentions durant les moments les plus difficiles. Merci pour votre soutien moral et physique.

De mes promotionnaires des UFR Agroforesterie et Environnement, qu'ils reçoivent nos reconnaissances les plus sincères pour l'ambiance conviviale dans laquelle nous avons été tout au long de notre parcours universitaire.

A ceux que nous n'avons pas pu citer dans ce document, nous voudrions leur réitérer toutes nos excuses, qu'ils soient remerciés et que Dieu les bénisse abondamment !

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ANADER	: Agence Nationale d'appui au Développement Rural
ANPEA	: Association Nationale des Producteurs d'Engrais et Amendements
AVM	: Acarien vert du manioc
BN	: Bénéfice net
BRC	: Balles de riz réduites en charbon
CAT	: Coût d'acquisition du terrain
CI	: Coût des intrants ;
CIAT	: Centre International d'Agriculture Tropicale
CILSS	: Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
CM	: Coût du matériel
CMA/AOC	: Conférence des Ministres de l'Agriculture de l'Afrique de l'Ouest et du Centre
CMO	: Coût de main d'œuvre
CNRA	: Centre National de Recherche Agronomique
CP	: Coût de production
CPT	: Coût de préparation du terrain
DC	: Diamètre au collet
ESA	: Ecole Supérieure d'Agronomie
FCFA	: Franc de la Communauté Francophone d'Afrique
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation
FD AET	: Formation Doctorale en Agriculture et Environnement Tropical
FP	: Fiente de poulets
<i>Hmp</i>	: Hauteur moyenne des plants
IITA	: Institut International d'Agriculture Tropicale
INS	: Institut National des Statistiques
ITAVI	: Institut Technique de l'aviculture
ITP	: Institut Technique du Porc
KCl	: Chlorure de potassium
LMRTp	: Longueur moyenne des racines tubéreuses
LTP	: Longueur des racines tubérisées par plant
MINADER	: Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
MINAGRI	: Ministère de l'Agriculture

<i>Nb</i>	: Nombre total de boutures
<i>NBr</i>	: Nombre de miniboutures régénérées
<i>Nmf</i>	: Nombre moyen de feuilles par plant
<i>Nmt</i>	: Nombre moyen de tiges par plant
NMRT	: Nombre moyen de racines tubéreuses par plant
NP	: Nombre de plants
NPK	: Azote phosphore potassium
$N_{\tau B}$: Nombre total de miniboutures
<i>NmR</i>	: Nombre moyen de ramification
NTP	: Nombre total de racines tubérisées par plant
OCPV	: Office d'aide à la commercialisation des Produits Viviers
ORSTOM	: Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
P	: Probabilité
PMRTp	: Poids moyen de racines tubéreuses par plant
ΣHp	: Somme des hauteurs de tous les plants
ΣNf	: Somme du nombre de feuille de tous les plants
ΣNt	: Somme du nombre de tiges de toutes les miniboutures
$\sum PRTp$: Somme du poids des racines tubérisées par plant
$\sum PRTp$: Somme du poids des racines tubérisées par plant
Rdt	: Rendement
RE	: Recette
R	: Rentabilité
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RONGEAD	: Réseau européen des Organisation Non Gouvernementales sur les questions Agro-alimentaires et le Développement
SAV	: Sol prélevé avant plantation
SAP	: Sol prélevé après plantation
SC	: Sciure de bois
SNDCV	: Stratégie Nationale de Développement des Cultures Vivrières
t	: Tonne
T	: Terre
Tr	: Taux de reprise
UJLoG	: Université Jean Lorougnon GUEDE
UNIFA	: Union des Industries de la Fertilisation Agricole

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Composition nutritionnelle du manioc pour 100 g de produit frais.....	20
Tableau II : caractéristiques des variétés de manioc cultivées en Côte d’Ivoire.....	26
Tableau III : Composition moyenne de la fiente de poules pondeuses.....	32
Tableau IV : Composition des cendres (hors carbone)	33
Tableau V : composition des différents substrats de la pépinière	48
Tableau VI : Détermination des doses des fertilisants apportées en pépinière	48
Tableau VII : traitements obtenus à partir de la combinaison des fertilisants et substrats	55
Tableau VIII : Doses de NPK, de fiente de poulets et de balles de riz réduites en charbon apportées.....	60
Tableau IX : programme et quantité de fertilisants apportées aux plants de manioc.....	61
Tableau X : composition granulométrique du sol du site expérimental avant et après plantation.....	66
Tableau XI : caractéristiques physicochimiques du sol avant et après la culture du manioc ..	67
Tableau XII : caractéristiques chimiques des fertilisants organiques	68
Tableau XIII : taux de reprise des miniboutures déshydratées de Bocou 1 et Yavo.....	74
Tableau XIV : effet des substrats sur les paramètres de croissance de la variété Bocou 1	76
Tableau XV : effet des substrats sur les paramètres de croissance de la variété Yavo	77
Tableau XVI : test de corrélation des paramètres de croissance de la variété Yavo.....	82
Tableau XVII : test de corrélation des paramètres de croissance de la variété Bocou 1	82
Tableau XVIII : hauteur moyenne des plants de manioc Bocou 1 et Yavo	88
Tableau XIX : diamètre au collet des plants de manioc Bocou 1 et Yavo.....	89
Tableau XX : Nombre de tiges secondaires des plants de manioc Bocou 1 et Yavo.....	91
Tableau XXI : nombre moyen de ramification des plants de manioc Bocou 1 et Yavo	92
Tableau XXII : corrélations entre les paramètres de croissance de Bocou 1 et Yavo	93
Tableau XXIII : nombre de racines tubérisées de Bocou 1 et Yavo	96
Tableau XXIV : diamètre et longueur des racines tubérisées des plants de manioc Bocou 1 et Yavo	97

Tableau XXV : poids frais des racines tubérisées des plants de manioc Bocou 1 et Yavo	99
Tableau XXVI : rendements en t/ha de Bocou 1 et Yavo en fonction des traitements.....	100
Tableau XXVII : test de corrélation entre les paramètres de production.....	102
Tableau XXVIII: produit d'exploitation moyen d'un hectare de manioc Bocou 1 en fonction des traitements.....	103
Tableau XXIX : produit d'exploitation moyen d'un hectare de manioc Yavo en fonction des traitements	105

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : morphologie générale du manioc.....	8
Figure 2 : organes aériens du manioc.....	9
Figure 3 : racines tubérisées de manioc	10
Figure 4 : coupe transversale de racine tubéreuse de manioc	11
Figure 5 : feuilles de manioc présentant les symptômes de la mosaïque.....	16
Figure 6 : plant de manioc atteint de la bactériose.....	17
Figure 7 : étapes du processus de transformation du manioc.....	19
Figure 8 : évolution de la production de manioc de 2005 à 2017 (Statistiques FAOSTAT de 2005 à 2017).....	22
Figure 9 : répartition géographique de la production nationale de manioc en Côte d'Ivoire ..	23
Figure 10 : courbe d'évolution du prix de détail du manioc	23
Figure 11 : prix en FCFA/kg et du niveau d'approvisionnement du manioc de la semaine 3 (janvier 2021).....	24
Figure 12 : localisation du site de l'étude	39
Figure 13 : courbe ombrothermique de la ville de Daloa de 2015 à 2022	40
Figure 14 : échantillons de fertilisants utilisés	45
Figure 15 : points d'échantillonnage du sol sur le site expérimental.....	45
Figure 16 : miniboutures de manioc.....	47
Figure 17 : dispositif en blocs de Fisher complètement randomisés des substrats de pépinière des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo.....	49
Figure 18 : illustration des différentes étapes de la préparation des boutures.....	50
Figure 19 : plantation des miniboutures dans les sachets contenant les substrats formulés	50
Figure 20 : miniboutures plantées dans les formulations de substrat en sachet-pépinière.....	51
Figure 21 : jeunes plants de manioc Bocou 1 et Yavo après 45 jours en pépinière.....	52
Figure 22 : plants de manioc	54
Figure 23 : dispositif en blocs de Fisher complètement randomisés des parcelles et sous parcelles de culture des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo	57
Figure 24 : réalisation des trous de repiquage des plants de manioc	58
Figure 25 : planting des plants-pépinière de manioc en champ	58
Figure 26 : désherbage manuel de la plantation de manioc	59
Figure 27 : épandage des fertilisants	60
Figure 28 : évolution de la régénération des miniboutures des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo	73

Figure 29 : évolution du nombre moyen de feuilles en fonction des substrats	80
Figure 30 : évolution du nombre moyen de tiges en fonction des substrats	80
Figure 31 : évolution de la hauteur moyenne en fonction des substrats	81
Figure 32: influence des traitements-variétés de manioc sur les paramètres de croissance.....	94
Figure 33 : influence des variétés de manioc étudiées sur les paramètres de production	101
Figure 34 : partition des traitements de la variété de manioc Bocou 1 selon le bénéfice net	106
Figure 35 : partition des traitements de la variété de manioc Yavo selon le bénéfice net	106

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: détermination de la composition granulométrique du sol.....	xxiii
Annexe 2 : caractérisation chimique du sol et des fertilisants organiques.....	xxiv
Annexe 3 : différents stades phénologiques du manioc	xxvi
Annexe 4 : différentes étapes de la récolte des racines tubérisées de manioc	xxvii
Annexe 5 : mesure des composantes du rendement	xxviii
Annexe 6 : tricycle rempli de racines tubérisées de manioc Yavo (150 pieds récoltés)	xxix
Annexe 7 : paramètres d'interprétation du sol et leurs niveaux critiques	xxx
Annexe 8 : coût moyen de production (en FCFA) d'un hectare de manioc en fonction des	
traitements fertilisants	xxxi

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est la deuxième culture vivrière de la Côte d'Ivoire juste après l'igname et constitue un des aliments de base des populations originaires du Sud avec plusieurs recettes culinaires et utilisations. Il est cultivé dans toutes les zones agroécologiques avec une forte propension dans le Centre, l'Ouest et le Sud de la Côte d'Ivoire (N'Zué *et al.*, 2015). Il est la deuxième denrée alimentaire la plus consommée à l'Ouest et au Centre du pays (Mosso *et al.*, 2000). Dans de nombreux pays tropicaux d'Afrique, d'Asie et d'Amérique, le manioc constitue l'aliment de base avec plus de 800 millions de consommateurs (Agbor *et al.*, 1995). Il tire son importance de ses racines tubéreuses riches en amidon qui constituent une excellente source de calories, notamment, dans les pays en développement (Fauquet & Thome, 2008). A ce titre, il est considéré comme un aliment stratégique de la lutte contre l'insécurité alimentaire qui sévit dans les pays africains (IRAD, 2013).

En dépit de son importance en Côte d'Ivoire et des actions en cours, la production nationale demeure faible par rapport au potentiel écologique, humain, démographique ainsi qu'aux résultats de la recherche (N'Gonian, 2017). Cette faible production du manioc est due à un certain nombre de contraintes liées aux attaques des parasites. En effet, la mosaïque du manioc, est une virose capable de faire chuter considérablement les rendements à l'hectare et constitue à l'heure actuelle une véritable pandémie en Afrique de l'Ouest (Legg *et al.*, 2004). Le manioc est le plus souvent associé à d'autres cultures telles que le maïs et l'igname. Dans ces systèmes traditionnels de culture, le niveau de fertilisant apporté au sol est bas. Le manioc ne bénéficie aussi que de la fertilité naturelle du sol et éventuellement de petites quantités d'engrais appliqués pour l'augmentation de la production des autres cultures associées (Ayodele *et al.*, 2006). En plus, dans les exploitations en Côte d'Ivoire, le manioc vient en fin de rotation sur des sols pauvres (Janin, 2001). La forte pression démographique induit un raccourcissement considérable des jachères et de la régénération nutritive des sols, déjà avant la mise en place du manioc (Bakayoko *et al.*, 2007). Par conséquent, Carsky (2003) constate que la dégradation des sols suite à la surexploitation consécutive à l'action conjuguée des feux de brousse et de l'exploitation agricole induit une baisse importante des productions du manioc. En effet, ces déficiences sont des facteurs majeurs limitants de la production car les éléments nutritifs puisés dans des sols déjà pauvres, ne sont pas remplacés de manière adéquate (Akanza & Yao, 2011). En plus, l'utilisation des engrais minéraux et organiques sur les cultures vivrières, en milieu rural, reste insignifiante compte tenu du faible pouvoir d'achat du paysan. L'engrais minéral n'est employé que sur 5,17 % des superficies dans les

petites exploitations familiales contre 5,21 % dans les grandes exploitations (Troupa & Koné, 2003). En outre, l'engrais organique sous forme de fumier ne s'utilise que dans une infime proportion inférieure à 2 % quel que soit le type d'exploitation (Troupa & Koné, 2003).

La recherche agronomique a mis au point des innovations techniques pour améliorer la gestion de la fertilité des sols et la performance agronomique et économique des agrosystèmes (fumure minérale, fumure organique, techniques de défense et de restauration des sols, insertion de légumineuses, etc.) mais, très peu ont été adoptées parce que les producteurs sont insuffisamment associés à leur conception. Pour les techniques adoptées, des études montrent qu'il existe plusieurs facteurs de variabilité de leurs performances (Guibert *et al.*, 2002, Tiftonell *et al.*, 2010 ; Kiba, 2012). Selon Guibert *et al.* (2002), les principales contraintes à la production (pour toutes les cultures) sont de trois ordres : celles liées à des opérations culturales mal réalisées (sarclages, densités de culture), celles liées à une amélioration pour la fixation des cycles de culture avec la saison des pluies (implantation rapide des cultures) et celles liées à la capacité de production des sols.

Par ailleurs, parmi les techniques proposées par la recherche, les travaux sur le manioc montrent qu'il est réputé comme une plante épuisante du sol au regard des mobilisations minérales qu'entraîne sa culture. En fin de cycle, les immobilisations d'une production de 25 t/ha de racines tubéreuses sont élevées et correspondent en moyenne à 151 unités de N, 52 unités de P₂O₅, 245 unités de K₂O, 120 unités de CaO et 48 unités de MgO (Pouzet, 1988 ; Raffailac & Nedelec, 1984).

Dans un tel contexte, il est important de reconstituer la fertilité des sols par les amendements. C'est ainsi qu'en vue d'apporter une solution à ce problème et améliorer la production moyenne à l'hectare du manioc, plusieurs études ont été menées. Certains se sont intéressés au comportement du manioc en début de cycle en fonction de la durée de stockage de la bouture (Raffailac & Nedelec 1988). D'autres par contre ont mis l'accent sur la fertilisation organo-minérale du manioc et le diagnostic des carences du sol (Akanza & Yao 2011), ainsi que sur les performances agronomiques de quelques variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans trois zones agro-climatiques de la Côte d'Ivoire (N'Zué *et al.*, 2004). Il en est de même pour les travaux de Bakayoko *et al.* (2007), sur la fumure organique et la productivité du manioc en Côte d'Ivoire. Aussi, un test antérieur sur l'influence de la fumure minérale et de la litière de volaille sur la production de la variété de manioc IM 84, a-t-il été conduit par le CNRA (Akanza *et al.*, 2002).

Notre problématique de recherche est d'améliorer la fertilité du sol de sorte à accroître la productivité du manioc.

C'est ainsi que cette étude a été initiée avec pour objectif général d'améliorer la productivité du manioc pour lutter contre l'insécurité alimentaire. De façon spécifique, il s'est agi :

- de caractériser les paramètres physico-chimiques des fertilisants et du sol du site expérimental ;
- de déterminer l'effet de dix substrats sur trois descripteurs agronomiques des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo en pépinière ;
- d'évaluer l'impact de la fertilisation minérale et organique sur les performances agronomiques des plants de manioc en champ.

Notre démarche scientifique est construite autour des hypothèses suivantes :

- les caractéristiques physico-chimiques des fertilisants et du sol agissent sur la productivité du manioc ;
- les formulations de substrats de culture induisent une bonne régénération des miniboutures puis un meilleur accroissement des plants de manioc en pépinière ;
- les fertilisants minéraux et organiques augmentent le rendement en racines tubérisées frais du manioc.

Le présent mémoire qui rend compte du travail effectué, est organisé autour de trois (03) parties. La première partie aborde les généralités sur le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et sur la fertilisation des cultures puis décrit les caractéristiques de la zone d'étude. La deuxième partie présente le matériel et les méthodes utilisés dans la conduite des travaux. Dans la troisième partie, les résultats sont présentés et discutés. En conclusion générale, les résultats décisifs de l'étude sont présentés, les perspectives de recherche et des recommandations sont formulées.

PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

Chapitre 1 : Le manioc

En Côte d'Ivoire, le manioc est la deuxième culture vivrière après l'igname (CNRA, 2014). Le présent chapitre met en exergue les informations sur son origine, sa distribution, sa description botanique tout en décrivant sa taxonomie, sa systématique, sa morphologie et ses phases phénologiques. Il définit également l'écologie et la physiologie du manioc, les contraintes liées à la culture du manioc, les pratiques culturales, les variétés de manioc cultivées en Côte d'Ivoire, la technique de transformation artisanale des racines tubérisées et son importance socio-économique.

1.1. Origine et distribution

Le manioc, originaire de l'Amérique Latine, a été domestiqué en Amazonie où il partage la même aire d'origine que l'arachide, le cacao et l'hévéa (Olsen, 2004). Il a été introduit en Afrique par les marchands portugais depuis le XVI^e siècle par diverses voies. Dès les années 1800 sa culture s'étendait au long de la côte orientale de l'Afrique et en Asie du Sud (IITA, 1990). Selon l'IITA (1990), l'expansion de la culture du manioc a été considérable au cours du XX^e siècle, qui l'a vu émerger comme une culture alimentaire de base de premier plan dans toute l'Afrique sub-saharienne ainsi qu'en Inde, en Indonésie et aux Philippines. En effet, cette propagation s'est faite grâce aux efforts des européens et des arabes qui reconnurent sa valeur comme pièce de rechange dans les périodes de famine (Carter *et al.*, 1992). Ainsi, c'est par la baie du Benin que le manioc a-t-il été introduit en Afrique de l'Ouest tandis que le fleuve Congo a été la principale voie par laquelle le manioc a été introduit en Afrique Centrale (Carter *et al.*, 1992). Il a été introduit en Côte d'Ivoire par les populations immigrantes Akan venant du Sud du Ghana notamment les Abouré et les Aladjan (Akpingny & Koulou, 2017).

1.2. Description botanique

1.2.1. Taxonomie

Le manioc est une plante dicotylédone pérenne appartenant à la famille des Euphorbiaceae et à la sous-famille des Crotonoïdeae (Bourdoux *et al.*, 1980). Cette grande famille des Euphorbiaceae compte plus de 300 genres et 800 espèces presque toutes tropicales (Bourdoux *et al.*, 1980). Le genre *Manihot* comprend 98 espèces dont le manioc qui est la seule espèce alimentaire cultivée (Onwuene, 1978). La classification des cultivars de manioc est effectuée

soit selon leur morphologie : la forme et la taille des feuilles, la taille des plantes, la couleur de la tige et du pétiole, l'inflorescence et la couleur de la fleur, la taille et la couleur de la racine, soit selon la teneur en acide cyanhydrique des racines (Onwuene, 1978 ; Nassar, 2005).

1.2.2. Position systématique

Le manioc est une phanérogame angiosperme dicotylédone. Sa position systématique selon Allen (2002) est la suivante :

Règne	: Végétal
Embranchement	: Spermaphytes
Sous-embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Ordre	: Euphorbiales
Famille	: Euphorbiaceae
Genre	: Manihot
Espèce	: <i>Manihot esculenta</i> Crantz

1.2.3. Morphologique de la plante

Le manioc est une plante ligneuse, vivace et ramifiée pouvant atteindre jusqu'à 5 mètres de hauteur (Kouakou *et al.*, 2015). Cependant, il existe des variétés naines qui ne peuvent pas dépasser 1 m (N'Zué, 2007). Le plant de manioc présente deux structures (Figure 1) qui sont :

- l'appareil végétatif comprenant la tige, les feuilles et les organes de reproduction (fleurs) ;
- le système racinaire constitué des racines assimilatrices et des racines tubérisées.

- Une bouture peut donner naissance à une ou plusieurs tiges. La tige de manioc est de taille et de couleur variables selon le génotype et les conditions du milieu de culture. Elle est constituée d'une succession d'entre-nœuds disposés de manière linéaire ou en ligne brisée. Les nœuds sont les points d'insertion des feuilles et abritent les bourgeons (N'Zué, 2007). La tige représente l'organe reproducteur de la plante de manioc (Alves, 2002).

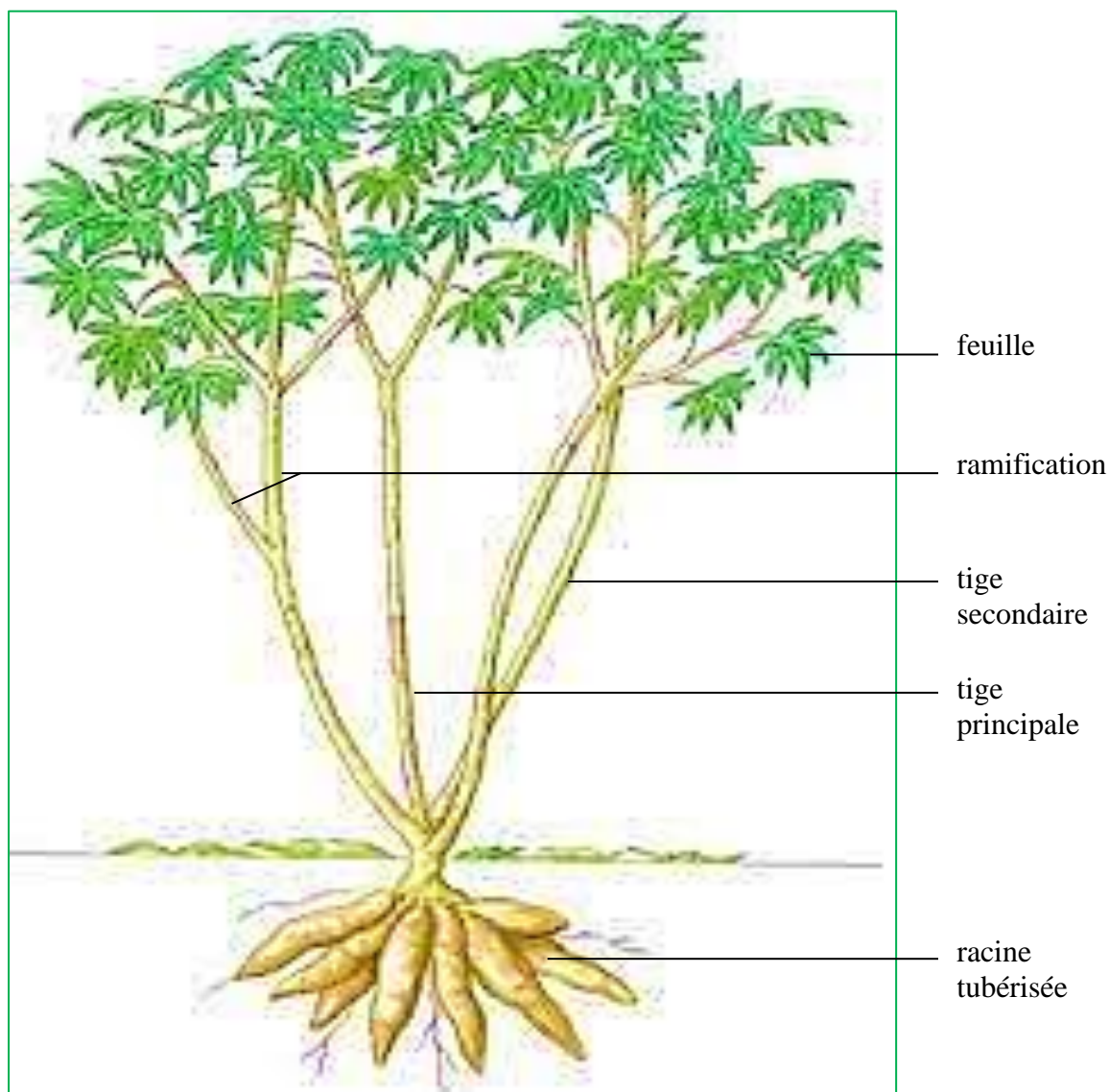


Figure 1 : morphologie générale du manioc

Source : /storage/emulated/0/download/images.jpeg

Le manioc possède un appareil aérien à développement sympodial simple. On distingue deux types d'axes selon la terminologie de Halé. Les axes proleptiques ou ramifications latérales, sont issus du développement de bourgeons axillaires par levée de la dominance apicale. Leur existence et leur nombre sont liés à la variété, au milieu et aux techniques culturales (Médard *et al.*, 1992). Les axes sylleptiques ou ramifications terminales tirent leur origine de la transformation des méristèmes végétatifs terminaux en méristèmes floraux. A chaque floraison, 2 ou 3 branches se développent simultanément, donnant un aspect di ou trichotomique. En fin de cycle, la partie aérienne est donc variable. En fonction de l'orientation des pétioles et des limbes et de l'angle d'écartement entre les branches, on distingue des variétés à port cylindrique ou érigé (sans floraison), à port dressé (1 ou 2

floraisons tardives), à port étalé, rampant ou encore en boule (floraisons précoces et nombreuses) (Médard *et al.*, 1992).

Les feuilles de manioc sont simples, alternes, palmées et caduques. Elles sont constituées de limbes et rattachées à la tige par des pétioles qui mesurent entre 5 à 30 cm de longueur. Les limbes sont multilobés, constituées d'environ trois à neuf lobes (Silvestre, 1987 ; Okai, 2001). Le nombre de feuilles produites, de même que leur durée de vie, sont déterminés par le génotype et les conditions environnementales (Okai, 2001). Au niveau fonctionnel, en plus de son rôle clé dans le mécanisme d'évapotranspiration, la feuille de manioc (Figure 2A) est également le principal lieu de synthèse de l'acide cyanhydrique (Charles *et al.*, 2001).

Les fleurs forment une inflorescence en grappe de cymes qui est composée d'un axe central de 2 à 10 cm de long et de plusieurs axes latéraux (Figure 2B). Les fleurs sont unisexuées mais elles sont réunies sur la même inflorescence. Les fleurs femelles, peu nombreuses, sont situées à la base de l'inflorescence et s'ouvrent les premières. Le fruit est une capsule déhiscente à trois loges, contenant chacune généralement une graine ayant la dimension du raisin (Figure 2C) (Jennings & Iglesias, 2002).

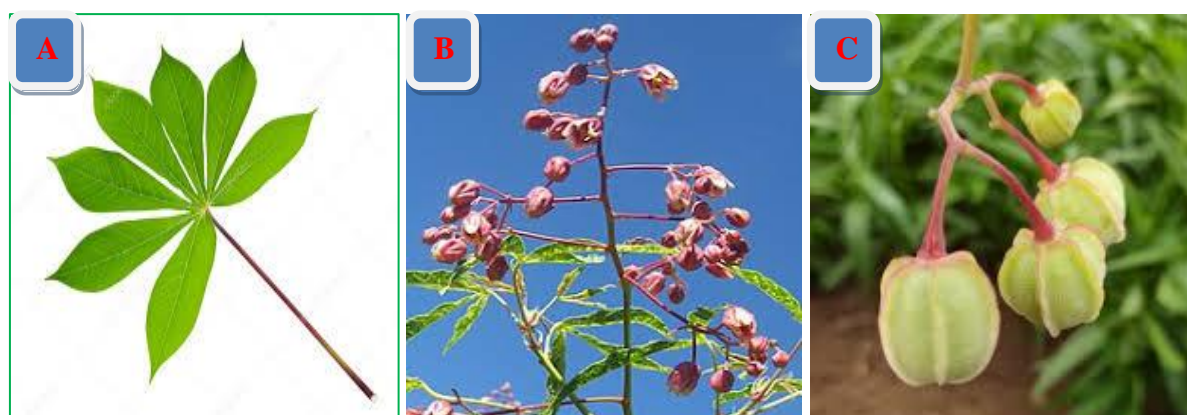


Figure 2 : organes aériens du manioc

A : feuille ; B : fleurs ; C : fruit

Source : /storage/emulated/0/download/images.jpeg

- Le système racinaire se compose de racines nodales et de racines basales, plus nombreuses. Ces dernières donnent les plus grosses racines tubéreuses. Toutes les racines sont susceptibles d'évoluer en racines tubéreuses. Le pourcentage des racines tubérisées varie considérablement selon les variétés et dépend largement des conditions du milieu et des techniques culturales. Les racines tubérisées sont pédonculées sur les sols pauvres, à poids égal, plus fins et plus

longs que sur les sols riches (Kouakou *et al.*, 2015). L'appareil souterrain issu d'une bouture de manioc est constitué de racines nourricières et de racines tubéreuses. Celles-ci prennent naissance à la base et au niveau des nœuds de la bouture (N'Zué, 2007).

- Deux à trois semaines après plantation, les racines adventives se développent à la base de la bouture (Ekanayake *et al.*, 1997). Elles vont se développer en racines fibreuses appelées encore racines nourricières, qui vont absorber l'eau et les nutriments dans le sol pour la croissance et le développement de la plante. Ces racines peuvent atteindre entre 0,2 et 1 m de longueur (Silvestre, 1987 ; IITA, 1990). Cette caractéristique permet non seulement à la plante de manioc de puiser très loin l'eau et les sels minéraux du sol mais également de résister aux longues périodes de sécheresse (Silvestre, 1987). Ce qui explique en partie la capacité qu'a le manioc de croître sur des sols pauvres (N'Zué, 2007).

- Les racines tubéreuses se forment huit semaines en moyenne après plantation. Elles proviennent d'un processus de grossissement des racines traçantes trente à soixante jours après plantation (Silvestre, 1987). Ce sont des organes d'accumulation des hydrates de carbone (sous forme d'amidon) élaborés par les feuilles au cours de la photosynthèse (Cock *et al.*, 1979 ; Tan & Cock, 1979). Elles sont attachées au collet de la plante par un pédoncule plus ou moins long, parfois inexistant. Les racines tubéreuses se situent à quelques centimètres de la surface du sol avec des formes très variables et pèsent entre 2 et 5 kg chacune. Un pied de manioc peut produire en moyenne 5 à 6 kg de racines tubéreuses et parfois plus. Les racines tubérisées du manioc mesurent entre 20 et 80 cm de long avec un diamètre compris de 5 à 15 cm (IITA, 2014) (Figure 3).



Figure 3 : racines tubérisées de manioc

Source : /storage/emulated/0/download/images.jpeg

Une coupe transversale d'une racine tubéreuse montre de l'extérieur vers l'intérieur :

- une écorce externe grise violacée, jaunâtre ou brune formée de liège ;
- une écorce interne d'épaisseur variant de 2 à 10 mm, le phelloderme blanc ou rose plus ou moins violacé, pauvre en féculé et riche en produit toxique : la manihotoxine ;
- un cylindre central blanc ou jaune clair riche en féculé (Figure 4).

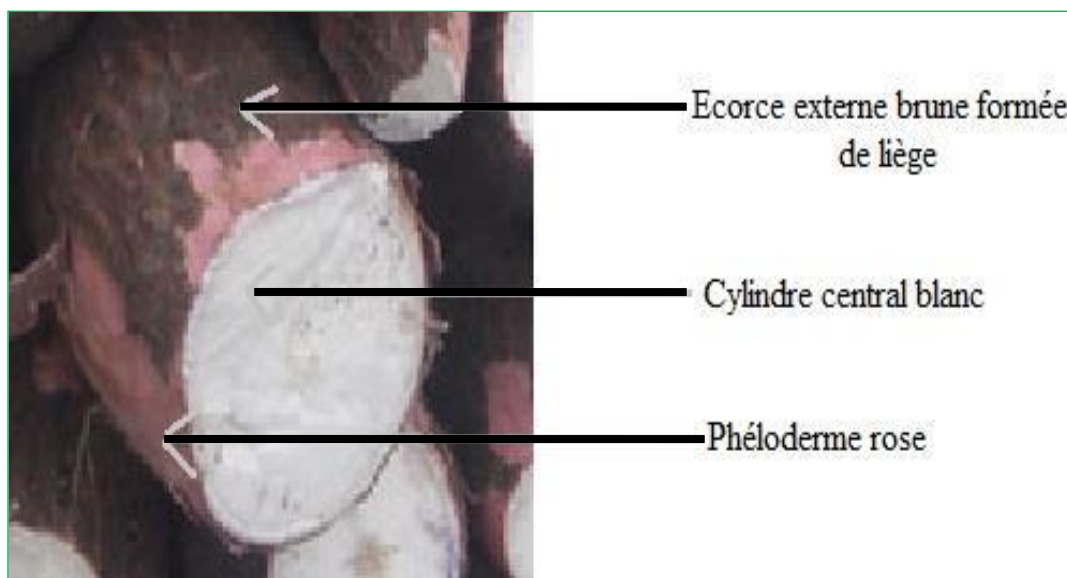


Figure 4 : coupe transversale de racine tubéreuse de manioc

Source : IITA, 2014

Le manioc est une plante monoïque et son mode de reproduction est allogame. Sa pollinisation est entomo-anémophile (Dulong, 1971). Le manioc est multiplié par bouturage de tiges. Un fragment de 12 à 40 centimètres, prélevé sur la partie la plus lignifiée de la tige, assure un taux de reprise proche de 100 %.

1.3. Phases phénologiques du manioc

Le manioc se multiplie par boutures et son cycle végétatif varie de six à vingt-quatre mois en fonction des conditions climatiques ou d'altitude et des variétés. On distingue ainsi plusieurs phases pour un cycle végétatif du manioc :

- La première phase correspond à la phase de reprise de la bouture après plantation. Elle s'effectue en moyenne cinq jours après la mise en terre de la bouture. Elle est marquée par le développement des premières racines puis l'apparition de minuscules feuilles plissées. Cette phase dure quinze jours en moyenne.

- La deuxième phase représente la phase d'installation. Elle est caractérisée par la croissance des jeunes racines et l'apparition des premières tiges. Cette phase dure une quinzaine de jours mais peut se prolonger durant un mois et parfois plus.

- La troisième phase est le développement foliaire. Elle correspond au développement de la tige qui se ramifie et l'apparition des feuilles. En effet, la surface foliaire atteint son maximum en trois mois. De plus, cette phase dure en moyenne quatre mois, c'est à dire jusqu'à la fin de la saison des pluies. Quelques racines commencent à tubériser. C'est la seconde phase de développement foliaire qui concerne les cycles culturaux de plus d'un an. En effet, les yeux terminaux donnent à nouveau des pousses et la plante se couvre rapidement de feuilles pendant cinq mois.

- La quatrième phase est caractérisée par l'accumulation des réserves dans les racines tubéreuses des plants. Elle a lieu dès les premières semaines, mais ne devient visible à l'œil qu'à partir du 2^{ème} mois et continue au rythme des conditions du milieu. Ensuite, la féculé s'accumule à nouveau dans les racines qui prennent leur taille définitive en sept mois environ, c'est-à-dire jusqu'en septembre.

- La cinquième phase est la phase de repos. Elle est prolongée en altitude et en zone de saison sèche. Au cours de cette phase, le manioc perd complètement ses feuilles et le bois prend sa teinte définitive. Elle dure un à deux mois. Le manioc n'entre jamais complètement en repos en zone humide. Par ailleurs, une seconde phase de repos survient lorsque le manioc perd à nouveau ses feuilles caractérisant ainsi la phase de récolte (CILSS, 1987).

1.4. Ecologie et physiologie du manioc

1.4.1. Conditions climatiques

Les températures moyennes les plus favorables à la croissance du manioc se situent entre 23 °C et 25 °C. La croissance est arrêtée à des températures supérieures à 100 °C et très ralentie à 40 °C. Le gel entraîne la mort de la plante. Le manioc est une plante héliophile, de jours courts. Une réduction de l'éclairement de moitié entraîne une diminution de 30 % de la matière sèche produite allant vers les racines. C'est une plante tolérante à la sécheresse. Une pluviométrie moyenne comprise entre 1000 et 2000 mm est généralement satisfaisante. Les sols engorgés d'eau provoquent des pourritures de racines et un ralentissement de la croissance (Philippe *et al.*, 2018).

1.4.2. Facteurs édaphiques

Dans de bonnes conditions de température et d'humidité, le manioc peut être cultivé sur une gamme de sols : alluvionnaires récents, ferrallitiques ou tourbeux. Il supporte mal les sols hydromorphes. Les sols propices à la culture du manioc sont les sols profonds à bonne réserve en eau, bien drainés, de texture sablo-limoneuse ou argilo-sableuse, à structure stable, à pH égale à 5,5 (Philippe *et al.*, 2018). Le manioc a des exigences modestes en ce qui concerne la fertilité des sols. Il fournit un bon rendement sur des sols acides, pauvres en éléments nutritifs et impropres à la culture d'autres plantes. Les sols salins, fortement alcalins et sujets à l'humidité de stagnation sont également impropres à la culture du manioc. Les sols rocailloux, quant à eux, entravent la formation des racines de stockage (CMA/AOC, 2004).

En Côte d'Ivoire, la culture de manioc est très répandue avec une prédominance dans les régions de l'ouest, du sud-est et sur le littorale (FAO, 2000). Bien que cultivé quasiment sur l'ensemble du territoire ivoirien, le manioc est surtout retrouvé dans la zone littorale et a pour pôle de convergence Abidjan, où il constitue autant un aliment de base (Boadou, 2016).

1.4.3. Adaptations physiologiques

En saison sèche, par manque d'eau, la plante réduit sa surface foliaire en se débarrassant des feuilles les plus vieilles. Les stomates se ferment, limitant ainsi la déperdition d'eau (El Sharkawy & Cock, 1984 ; Cock *et al.*, 1985 ; El Sharkawy & Cock, 1986). Chez le manioc, les tissus palissadiques de la couche supérieure de la feuille possèdent un mécanisme efficace de recyclage du CO₂ (El Sharkawy & Cock, 1990). Le manioc synthétise des acides en C₄ en tant que produits primaires de la photosynthèse et qu'il aurait la propriété d'utiliser des taux de CO₂ très faibles, évitant ainsi une ouverture fréquente des stomates. Cependant, il ne possède pas une anatomie foliaire de type "Crantz" (caractéristique des plantes ayant un trajet photosynthétique de type C₄). Edwards *et al.* (1990) ont observé que le manioc possédait également un trajet photosynthétique de type C₃. Il est possible que le manioc soit en voie d'évolution vers un trajet photosynthétique du type C₄ ; ce qui expliquerait la présence de maniocs aux caractéristiques intermédiaires entre C₃ et C₄ (El Sharkawy & Cock, 1984 ; El Sharkawy *et al.*, 1984 ; Cock *et al.*, 1985). Pendant la saison sèche, le manioc diminue son activité photosynthétique par manque d'eau ralentissant son métabolisme. Chez les plantes tubérisées, les composés organiques issus de la photosynthèse sont véhiculés par la sève phloémienne (sève descendante) des feuilles vers les racines tubérisées. Ces composés sont ensuite polymérisés et stockés dans ces organes souterrains. Les racines tubérisées constituent

des organes de réserve en composés organiques. Ces composés sont disponibles et utilisés par la plante en cas de besoin. Ils permettraient notamment le maintien métabolique du manioc en saison sèche (Llovera, 1995).

1.5. Contraintes liées à la culture du manioc

Comme toutes les grandes cultures, le manioc est vulnérable aux ravageurs, maladies et adventices qui peuvent réduire le rendement (Eric, 2013).

Les plants de manioc peuvent être affectés par divers ravageurs et maladies qui s'attaquent aux différents organes. Les ravageurs peuvent consommer les feuilles et causer d'autres problèmes (Martin *et al.*, 2014).

Le manioc est en générale infecté par plusieurs maladies microbiennes souvent d'origine bactérienne, virales et cryptogamique. La culture de manioc est confrontée à des multiples contraintes qui entraînent des pertes considérables de rendement. Parmi celles-ci, les plus importantes sont la mosaïque Africaine (ACMV), la mosaïque de l'Est d'Afrique (EACMV), la mosaïque hybride souche ougandaise (UgV), la brûlure bactérienne aussi connue sous l'appellation de la Bactériose du manioc (CBB), la striure brune du manioc (CBSV), l'anthracnose (CAD), la mort des sommités et la détérioration des cossettes au séchage et à l'entreposage. D'autres encore comme les pourridiés et la cercosporiose etc. sont considérées comme moins importantes (Hangy & Manhungun, 2014).

1.5.1. Ravageurs

Les ravageurs du manioc sont pour la plupart les rongeurs, les acariens et les insectes. Ils s'attaquent et s'alimentent sur différentes parties des pieds de manioc (James *et al.*, 2000).

Les insectes nuisibles au manioc sur pied sont les isoptères, les coléoptères, les lépidoptères et les Orthoptères.

- Les isoptères sont des termites (Rhinotermitidae) qui envahissent les nouveaux champs de manioc. Ils se nourrissent en rongant les boutures de manioc. Dans les plus vieux champs de manioc, les termites rongent les tiges et y pénètrent. Les tiges deviennent très fragiles. Les dégâts des termites sont surtout observés en saison sèche (Braima *et al.*, 2020).

- Les coléoptères, les plus nuisibles au Manioc sur pied sont au nombre de trois : un Dynastidé : *Heteronychus plèbe jus* dont l'adulte détériore les boutures, et deux mangeurs » de feuilles : un Scarabéidé : *Serica castanea Bl.* et un Curculionidé : *Sligmatrachelus concinnus Bohem* (Klug, 1833).

- Les lépidoptères sont représentés par les chenilles du sphinx du manioc *Erinnyis ello*. Elles se nourrissent sur les feuilles de tout âge mais aussi, lorsque les populations sont importantes, sur les tiges et les bourgeons. Les attaques importantes peuvent entraîner une défoliation complète de la plante (Philippe *et al.*, 2018).
- Les orthoptères, lorsqu'ils se trouvent en colonies nombreuses dans les cultures de manioc consomment en grande quantité les feuilles en couvrant les rameaux de ces arbrisseaux d'un véritable manchon multicolore (Thewys, 2011).
- L'acarien vert du manioc (AVM) est une petite araignée de taille considérablement réduite. Sa coloration est verte au stade jeune et jaunâtre au stade adulte. L'AVM est invisible à l'œil nu pour les personnes non avisées. Toutefois, on peut le distinguer sous microscope binoculaire ou sous loupe de poche (Hangy *et al.*, 2014).

1.5.2. Maladies du manioc

- De nombreuses espèces virales ont été décrites comme pathogènes du manioc dans le monde dont huit en Afrique subsaharienne. En Côte d'Ivoire, certains virus responsables de ces viroses ont été identifiés (Toualy *et al.*, 2014). Il s'agit entre autres du virus de la mosaïque africaine du manioc (*African Cassava Mosaic Virus* : ACMV) et du virus Est africain de la mosaïque du manioc (*East African Cassava Mosaic Virus* : EACMV) (Fargette *et al.*, 1988 ; Ndunguru *et al.*, 2005). Une variante du virus Est Africain de la mosaïque du manioc découvert au Cameroun pour la première fois, appelé *East African Cassava Mosaic Cameroon Virus* (EACMCV) a aussi été identifié en Côte d'Ivoire (Ndunguru *et al.*, 2005). La culture du manioc a été dévastée dans beaucoup de pays par de nouvelles formes plus virulentes du virus de la mosaïque du manioc. Cette maladie est la contrainte la plus importante à la production, et a menacé ces dernières années la sécurité alimentaire de millions de familles rurales et urbaines, notamment en Afrique de l'Est. Elle peut entraîner des chutes de rendement allant de 20 à 60 %, voire une destruction totale de la récolte (CMA/AOC, 2004).

Le mode de propagation principal est la contamination primaire causée par la plantation de matériel végétal déjà infecté. Dans une petite minorité de cas, la transmission se fait de plante à plante par l'intermédiaire d'un vecteur, l'aleurode (mouche blanche). Certaines pratiques paysannes, notamment le prélèvement de feuilles et de boutures, sont susceptibles d'aggraver la sévérité de la maladie. Les symptômes de la mosaïque sont des taches chlorotiques (vert clair et jaune) qui augmentent en taille. Après quoi les feuilles se rétrécissent et se

recroquevillent (Figure 5). Dans sa phase la plus avancée, la mosaïque peut réduire de plus de 90 % la surface du feuillage. Quand elle sévit avec une acuité, les plantes restent naines et/ou rabougries (Martin *et al.*, 2014).



Figure 5 : feuilles de manioc présentant les symptômes de la mosaïque

Source : CNRA, 2013

- La bactériose vasculaire est une des principales maladies du manioc, causée par la bactérie *Xanthomonas campestris* pv. *Manihotis*. C'est une maladie caractérisée par la présence des taches anguleuses à aspect détrempe ou translucide, sur les feuilles desquelles suinte une gomme blanchâtre ou jaunâtre. Cette gomme caractéristique est aussi observée sur la tige et sur les pétioles des variétés de manioc les plus sensibles. La maladie se manifeste par un flétrissement brusque des jeunes pousses (Figure 6A) selon qu'il s'agit d'une infection latérale au champ ou de la plantation des boutures issues des plantes malades (Mahungun *et al.*, 2014). Elle se répand rapidement quand les conditions météorologiques sont favorables (humidité et chaleur) et peut détruire entièrement un champ en cas d'attaque à un stade précoce (FAO, 2014).

La maladie de taches foliaires angulaires est également due à la bactérie *Xanthomonas campestris* pathovar *cassavae* qui est moins dommageable et moins répandue que *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. Les symptômes sont semblables à ceux de la bactériose, bien qu'elle ne soit pas systémique. Les plantes infectées perdent leurs feuilles (Figure 6B) mais ne présentent pas de nécrose apicale (Brou *et al.*, 2015).



Figure 6 : plant de manioc atteint de la bactériose

A : plant de manioc atteint de la bactériose vasculaire ; B : défoliation bactérienne de la plante de manioc

Source : IITA, 2014 ; Brou *et al.*, 2015

- Plusieurs espèces de champignons attaquent les principaux organes du manioc. Les maladies qui attaquent les racines du manioc sont essentiellement constituées de pourritures molle et sèche d'origine diverse. Concernant les pourritures molles, *Phytophthora drechsleri* (Amérique latine) et *Phytophthora Erythripseptica* (Afrique) sont responsables de pourriture racinaire (Muhinyuza, 2000 ; Ranajit *et al.*, 2006).

La pourriture molle est généralement favorisée par des conditions humides et les dommages causés sur les racines sont importants. En effet, sur les sols mal drainés, 80% de pertes peuvent être observées.

Les pourritures sèches quant à elles sont causées par *Rosellinia necatrix* ou par *Armillariella mellea*. Ces deux pathogènes ont été identifiés dans les sols renfermant une forte proportion de matière organique (Onyeka *et al.*, 2005).

L'Anthracnose est causée par *Colletotrichum gloeosporioides* et se caractérise par un flétrissement des feuilles et un dessèchement des sommités (Egle, 1992). L'Anthracnose se transmet par la punaise *Pseudotheraptus devastans* et par les boutures contaminées (N'Zué *et al.*, 2005).

La pourriture de la tige du manioc est provoquée par *Lasiodiplodia theobromae*. Elle se manifeste par un flétrissement des plants en début de cycle (Egle, 1992).

- La cercosporiose est due à un champignon. Il existe plusieurs sortes de cercosporiose, et toutes sont aussi dangereuses les unes les autres. Cette maladie attaque surtout les feuilles.

Ainsi des tâches apparaissent-elles environ un mois après la plantation. Ces tâches peuvent être de couleur verte, jaune ou brune.

- Les attaques de nématodes constituent des portes d'entrée pour plusieurs microorganismes pathogènes tels que *Meloidogyne spp.* et *Pratylenchus spp.* (Egle, 1992).

1.5.3. Mauvaises herbes

En dehors des insectes et des rongeurs, les mauvaises herbes, notamment *Imperata cylindrica* et *Cassytha filiformis* (mauvaise herbe parasite), peuvent causer de graves dégâts en culture de manioc. En perçant les racines, un *cylindrica* ouvre la porte d'entrée aux maladies du manioc. L'espèce *Cassytha filiformis* parasite les tiges du manioc. Elle s'enroule autour d'elles et peut les détruire (N'Zué *et al.*, 2005). L'enherbement précoce de la parcelle peut compromettre gravement le développement du manioc au cours des trois à quatre mois qui suivent la plantation. La présence des mauvaises herbes ralentit la croissance et la tubérisation des racines du manioc. La perte de production peut varier chez les cultivars à ramification précoce, tardive et ceux dépourvus de ramifications latérales. Selon l'antécédent cultural du terrain, la fertilité du sol et le cultivar, la prolifération des adventices peut entraîner la perte totale de la récolte (IITA, 1990).

1.6. Transformation et importance des racines tubérisées du manioc

1.6.1. Transformation des racines tubérisées

La racine tubérisée du manioc subit une transformation en différents produits alimentaires ou industriels. Cependant le produit transformé a une durée de conservation plus ou moins longue (N'Zué *et al.*, 2013). Avant toute opération de transformation, des racines de manioc saines, mûres, fermes, fraîchement récoltées sont sélectionnées afin d'obtenir un produit de qualité. La transformation du manioc part de deux produits semi-finis, à savoir la pâte de manioc (fermentée ou non) et les cossettes. Le procédé de transformation peut passer ou non par la fermentation (Kouakou *et al.*, 2015). Le processus de transformation du manioc frais en Attiéké se fait suivant deux cycles. Le premier cycle de production permet d'obtenir une pâte appelée "placali" qui représente un produit fini ou semi-fini selon la nature du produit final à obtenir. Le second cycle permet d'obtenir de l'attiéké à partir du "placali". Les différentes étapes de transformation par lesquelles passe le manioc frais depuis la récolte jusqu'au consommateur final sont décrites par la figure 7 (Simon & Vanessa, 2019).

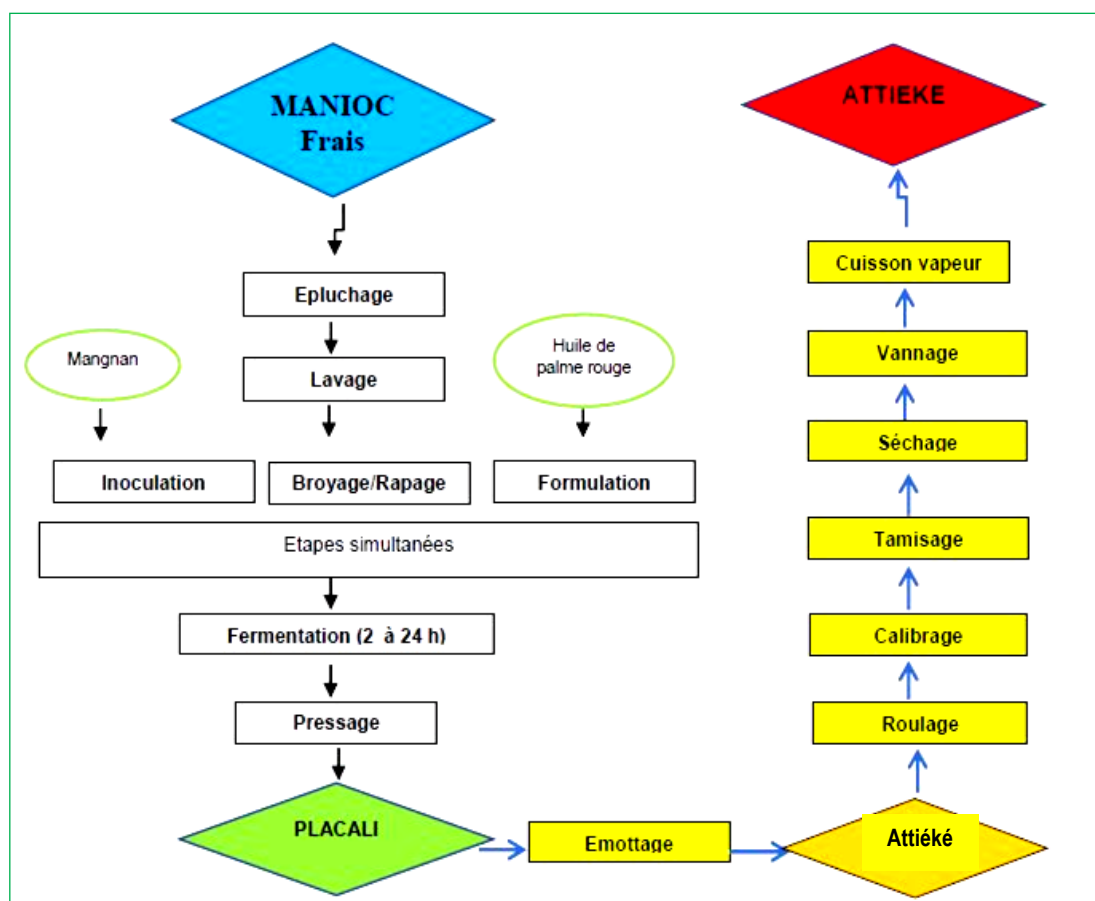


Figure 7 : étapes du processus de transformation du manioc

Source : Mendez *et al.*, 2017

1.6.2. Importance nutritionnelle du manioc

Le manioc est essentiellement cultivé pour l'alimentation humaine. Le manioc doux peut être consommé frais ou cuit comme la pomme de terre tandis que le manioc amer n'est comestible qu'après détoxification. Il est un aliment adapté à tous les âges et à consommer en priorité avant un grand effort physique, par les sportifs par exemple. Le manioc est riche en amidon (riche en glucides) mais pauvre en protéines, en vitamines et en sels minéraux. La racine tubéreuse du manioc est assez bien pourvue en acide ascorbique (vitamine C) mais pauvre en lipides. Le manioc a une grande valeur énergétique qui fournit à l'être humain 125 à 140 kilocalories pour 100 g de manioc frais dont 60 à 70 g d'eau, 1,36 g de protéines, 0,28 g de lipides et 38,06 g de glucides (Diakadi, 2009).

Les racines tubérisées de manioc sont pour la plupart transformés en tapioca, farine, couscous, gari, cossettes, granulés, colle, liqueur, amidon, fufufu et attiéké (CMA/AOC, 2014). La composition nutritionnelle du manioc pour 100 g de produit frais est consignée dans le tableau I (Akpiny & Koulou, 2017).

1.6.3. Utilisations industrielles

L'utilisation à des fins industrielles du manioc prend de l'essor, notamment en Asie en relation avec le succès que connaissent les nouveaux produits à base de manioc. La farine, la fécule et l'alcool sont élaborés avec de nouvelles technologies (Luzembo, 2015). Ces nouvelles technologies de production permettent de recycler les déchets de manioc dans l'alimentation animale, tandis que les feuilles sont utilisées dans les élevages de vers à soie, en aquaculture et dans les champignonnières. En Afrique, l'industrie de transformation du manioc produit de farines comestibles utilisables dans la préparation des aliments traditionnels, en association avec d'autres farines, et dans la panification ou dans la fabrication de produits de grande consommation comme le gari et le bâton de manioc (Perrin *et al.*, 2015).

Tableau I : composition nutritionnelle du manioc pour 100 g de produit frais

Constituants du manioc	Valeurs nutritives
Calories	159 Kcal
Lipides	0,3 g
Acides gras saturés	0,1 g
Acides gras polyinsaturés	0 g
Acides gras monoinsaturés	0,1 g
Cholestérol	0 mg
Sodium	14 mg
Potassium	271 mg
Glucides	38 g
Fibres alimentaires	1,8 g
Sucres	1,7 g
Protéines	1,4 g
Vitamine A	13 IU
Calcium	16 mg
Vitamine D	0 IU
Vitamine B12	0 µg
Vitamine C	20,6 mg
Fer	0,3 mg
Vitamine B6	0,1 mg
Magnésium	21 mg
Eau	0,06 ml

Source : Akpingny & Koulou, 2017

1.6.4. Importance économique

La culture du manioc procure des revenus importants aux producteurs à travers le monde. Les racines tubérisées de manioc, ainsi que ses sous-produits, s'écoulent partout sans difficulté.

Les tiges des variétés améliorées sont également vendues comme produit de plantation (Kouakou *et al.*, 2015). Au niveau de l'alimentation des poulets de chair, l'aliment contenant de la farine d'épluchures de manioc est moins cher que l'aliment industriel de référence par kilogramme (72 FCFA de moins pour l'aliment de démarrage et 66 FCFA de moins pour l'aliment de croissance-finition). Dans les conditions de l'essai, l'utilisation d'aliment contenant de la farine d'épluchures de manioc aux taux indiqués ci-dessus a permis une économie de 215 FCFA pour la production d'un poulet de chair de 45 jours. Dans les pratiques habituelles, les racines fraîches de manioc sont commercialisées sous deux manières, soit en champ, soit dans les centres urbains à proximité des zones de production (CNRA, 2014).

1.6.5. Importance sociale

De sa production à sa commercialisation en passant par la transformation, le manioc est socialement rentable pour les différents acteurs. En effet, les principaux acteurs sont des femmes et leur proportion dans la production s'élève à 80 %. Elle est de 100 % dans la transformation et 90 % dans la commercialisation (MINADER, 2014). Les jeunes (filles surtout) figurent dans les unités de transformation et les jeunes hommes dominent comme tacherons déchargeant les racines tubérisées des véhicules. Ils travaillent aussi dans des groupements artisanaux et semi-industriels de manioc en qualité de main d'œuvre familiale ou salariée pour des tâches ponctuelles ou journalières, telles que le ramassage, l'épluchage, le lavage, le calibrage et la cuisson. Ils sont rémunérés ou bien perçoivent entre 1000 et 1500 FCFA quotidiennement, selon les régions (Mendez *et al.*, 2017). Suite à la mécanisation de la transformation du manioc, plusieurs métiers connexes ont vu le jour dans certaines régions du Sud, du Centre, de l'Ouest et du Nord de la Côte d'Ivoire. Il s'agit des artisans fabriquant des presses et râpeuses dont la demande est impulsée par l'augmentation de la production des dérivés du manioc. De même, cette initiative a donné naissance par endroits à de jeunes entrepreneurs (de location de ces matériels) qui offrent localement des services de proximité à coûts réduits aux transformatrices, qu'elles soient en groupement ou non. L'engouement pour le manioc, au niveau de la production et de la première transformation artisanale dans les villages, constitue des vraies opportunités pour la création d'emplois et des sources de revenus, surtout pour les femmes. De plus, le caractère manuel des activités productives génère aussi des emplois au sein des villages, et permet entre autres un retour des jeunes à la terre (Mendez *et al.*, 2017).

1.7. Production et prix du manioc en Côte d'Ivoire

Le manioc est l'une des principales cultures vivrières en Côte d'Ivoire en termes de production et de consommation. Il a connu un essor important au cours des dix dernières années avec une production qui a progressé à un rythme annuel de 8,5 % par an entre 2005 et 2015 le mettant au deuxième rang après l'igname (Mendez *et al.*, 2017). En 2017, la production de la Côte d'Ivoire s'élevait à 5,3 Mt le mettant au 3^{ème} rang en Afrique de l'Ouest (Figure 8). Le manioc est une culture prépondérante cultivée sur environ 4/5 du territoire national (N'Zué *et al.*, 2004) du fait d'un climat favorable. Tel qu'illustrée par la figure 9, la zone Sud est une zone de forte production à qui était attribuée jusqu'à 40 % de la production nationale (N'Zué *et al.*, 2013). Cependant, ces dernières années, des faits nouveaux comme l'accroissement des terres allouées aux cultures pérennes (plus rémunératrices), le développement de l'agriculture péri-urbaine autour d'Abidjan ajoutés à la forte urbanisation ont fait baisser considérablement la production de la zone (Mendez *et al.*, 2017). Les régions du Centre et du Centre-Ouest, fortement accompagnés par plusieurs projets d'amélioration de la production et d'accès au matériel de plantation, sont aujourd'hui en passe de devenir les premières régions productrices de manioc (Barussaud & Kouassi, 2019). Le prix du manioc frais en 2021 part de 60 FCFA à 690 FCFA le kilogramme soit un prix moyen de 380 FCFA le kilogramme (Figure 10). Cependant, ce prix peut varier d'une saison à une autre avec des écarts plus ou moins négligeables (OCPV, 2021) (Figure 11).

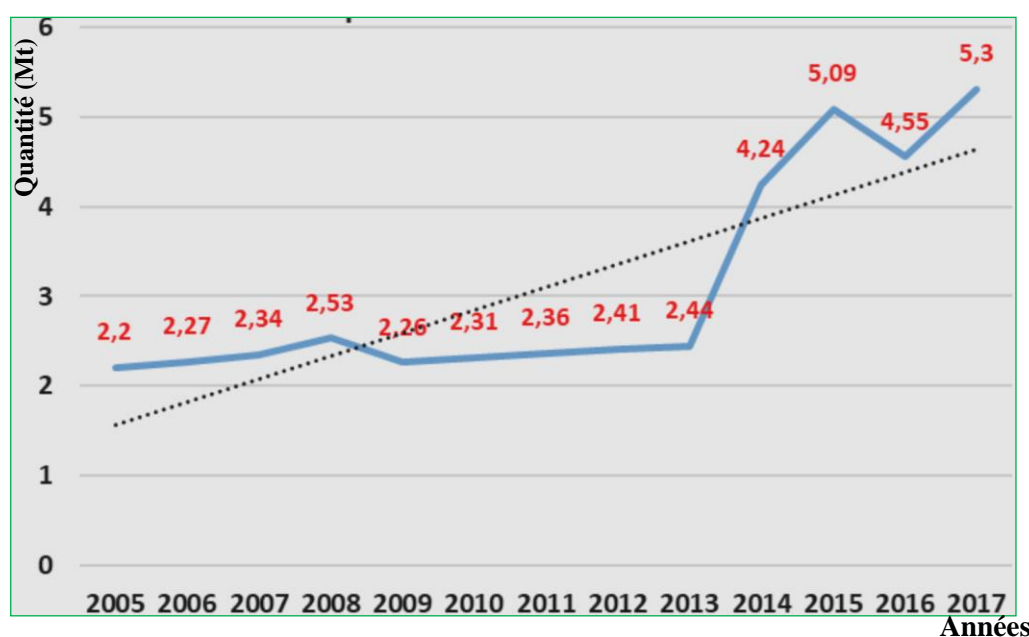


Figure 8 : évolution de la production de manioc de 2005 à 2017 (Statistiques FAOSTAT de 2005 à 2017)

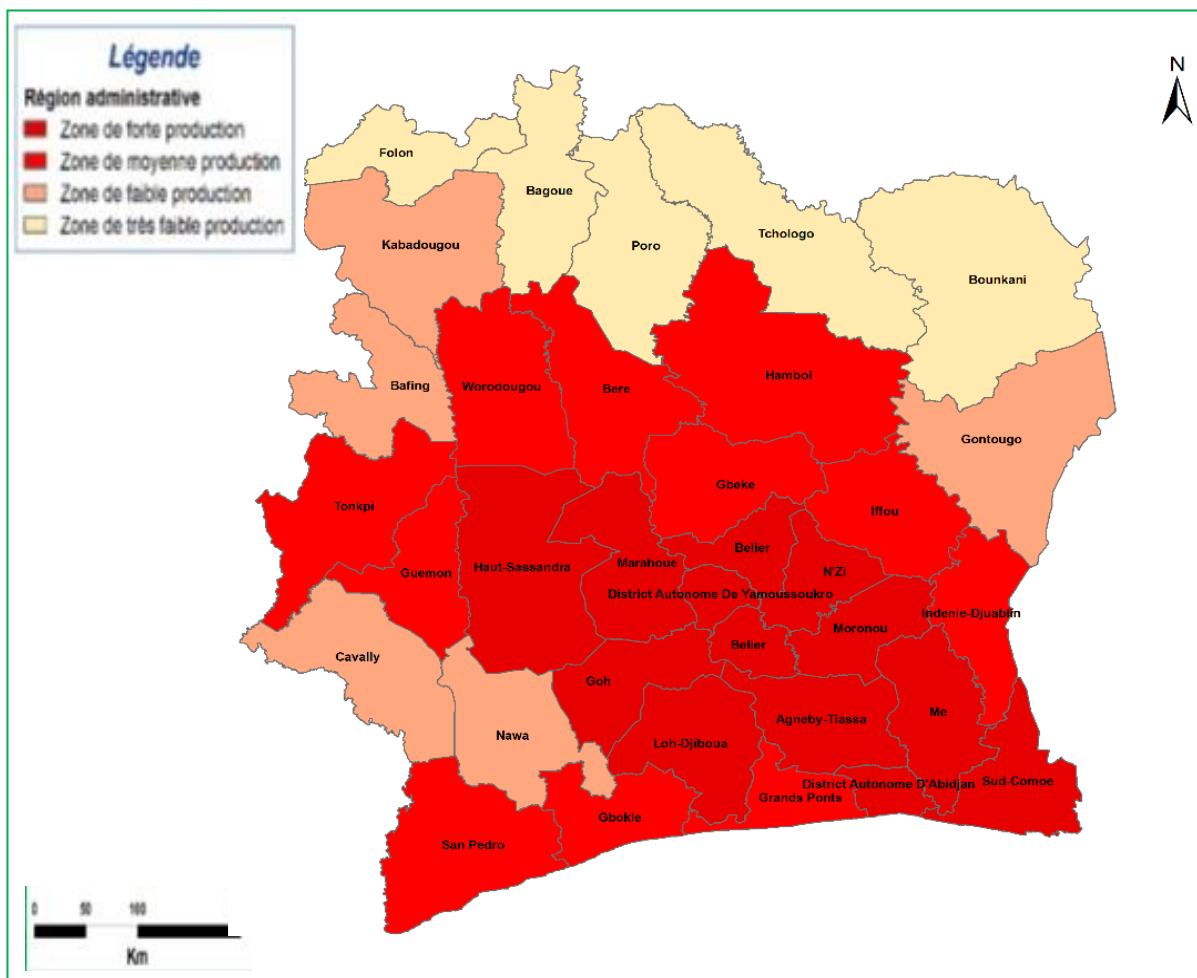


Figure 9 : répartition géographique de la production nationale de manioc en Côte d'Ivoire
 Source : RONGEAD, 2015)

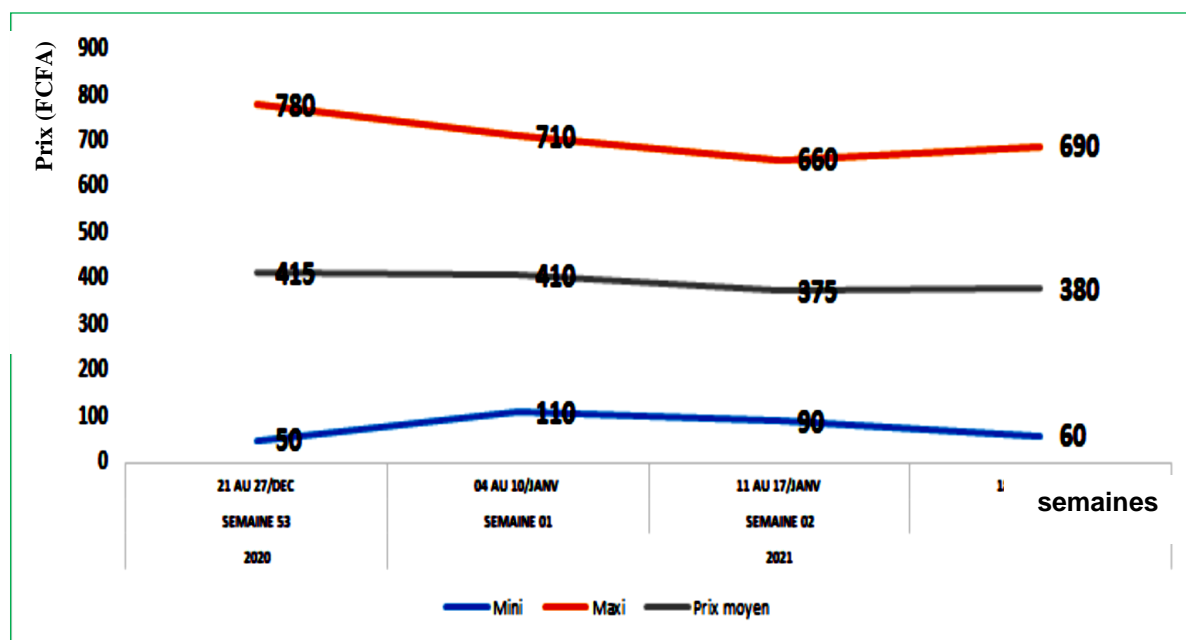


Figure 10 : courbe d'évolution du prix de détail du manioc
 Source : OCPV, 2021

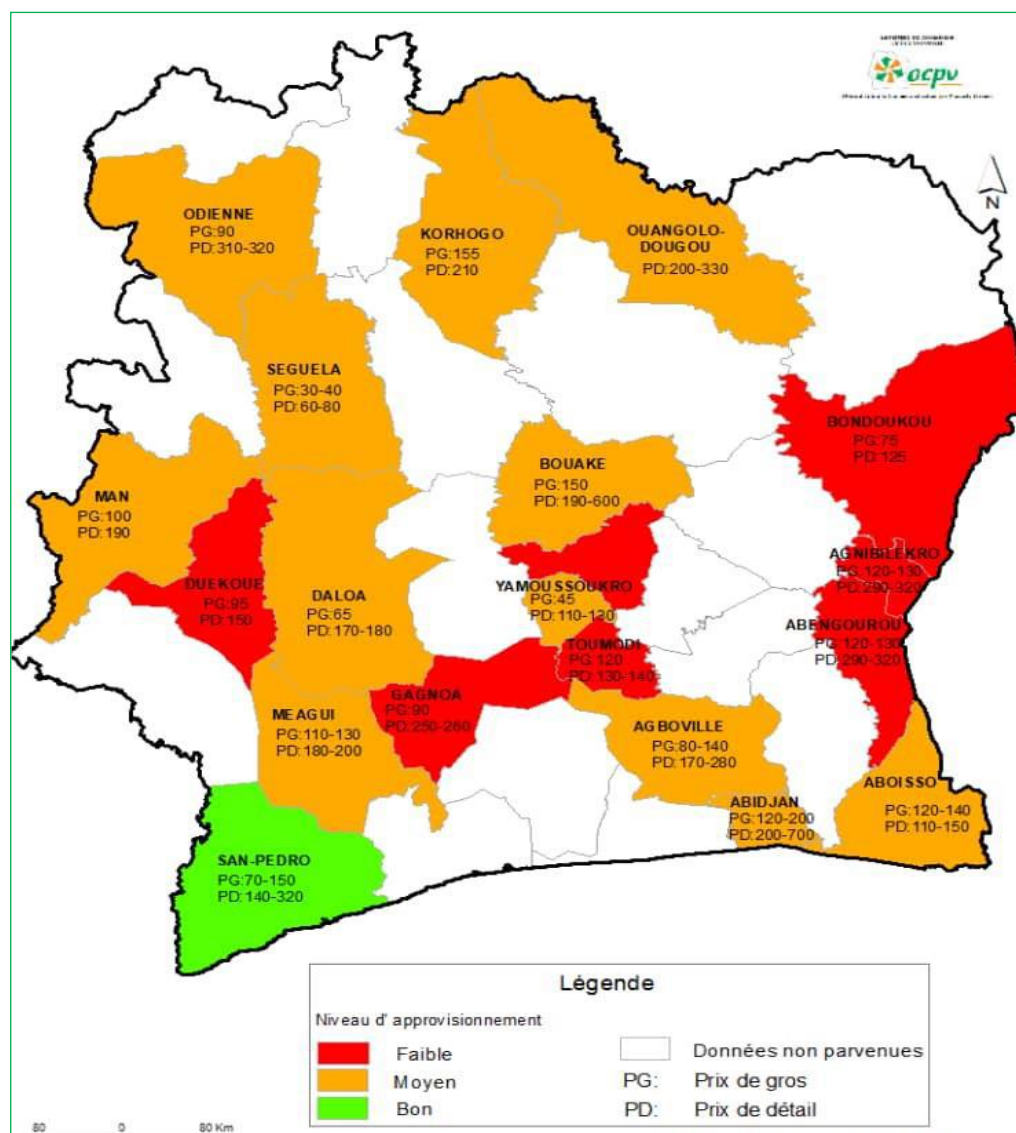


Figure 11 : prix en FCFA/kg et du niveau d'approvisionnement du manioc de la semaine 3 (janvier 2021)

Source : OCPV, 2021

1.8. Variétés de manioc cultivées en Côte d'Ivoire

La classification des cultivars de manioc est effectuée soit selon leur morphologie c'est-à-dire la forme et la taille des feuilles, la taille des plantes, la couleur de la tige et du pétiole, l'inflorescence et la couleur de la fleur, la taille et la couleur de la racine, soit selon la teneur en acide cyanhydrique des racines (Onwuene, 1978 ; Nassar, 2005). Le nombre d'accessions de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans les institutions de recherche a augmenté de 35 % entre 1996 (IDESSA) et 2009 (CNRA). La collection actuelle, entretenue au champ, à Adiopodoumé (banlieue d'Abidjan), comporte des cultivars traditionnels (192 accessions), des variétés développées en Côte d'Ivoire (67) et des variétés améliorées, introduites de l'IITA

(101), du Congo (5), Kenya (6), Madagascar (9), République Centrafricaine (19) et du Togo (8), soit un total de 407 accessions. On peut citer entre autres les variétés Bocou 1 et Yavo. En effet, la variété Bocou 1 est une variété améliorée, douce, répandue dans toute la Côte d'Ivoire. Elle est moins productive (20 t/ha) que la variété Yavo avec une forte ramification. La variété Bocou 1 est résistante à la mosaïque et notoirement plus sensible aux acariens et à la cochenille farineuse avec un taux de matière sèche élevé (39 %). La variété Bocou 1 est issue du Centre de Recherche Agronomique (CNRA) de Côte d'Ivoire. La variété Yavo quant à elle, auparavant appelée *Okolyawo* ou *TME7* décrite depuis 2000 (Ayemou, 2000) provient de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) et introduite en Côte d'Ivoire en juin 2002. C'est également une variété douce plus productive, répandue dans le Centre, le Sud et l'Est de la Côte d'Ivoire avec un taux de matière sèche élevé (40 %). Elle est résistante à la mosaïque avec un rendement élevé (30 t/ha). En outre, Cette collection est entretenue et régénérée régulièrement mais nécessitent qu'elle soit dupliquée entièrement in vitro (IITA, 1990). En général, toutes les variétés qu'elles soient amères ou douces ont une durée de cycle de culture supérieure ou égale à 9 mois (Doumbia *et al.*, 2009). La différence fondamentale entre ces deux groupes (variétés amères et douces) est que le manioc amer renferme une substance (poison) appelée acide cyanhydrique (Akpinyi & Koulou, 2017). Les variétés de manioc cultivées en Côte d'Ivoire présentent différentes caractéristiques (Tableau II).

1.9. Itinéraire du manioc

1.9.1. Choix et préparation du terrain

Le manioc est une plante peu exigeante qui s'adapte aux différents types sols (Justin *et al.*, 2015). Le terrain le mieux adapté à la culture du manioc doit être plat ou légèrement en pente, à accès facile pour faciliter l'écoulement de la production (ANADER, 2014). En effet, le manioc se développe mieux sur un sol limoneux (meubles sablo-argileux ou argilo-sablonneux), profond et bien drainé puis tolère un climat chaud et humide (une pluviométrie suffisante). Le choix du terrain se fait également en tenant compte des facteurs suivants : le couvert végétal, la fertilité du sol, le relief et les antécédents culturels du site ainsi que la superficie minimale. La culture du manioc nécessite un labour profond du terrain de 25-30 cm de profondeur, puis un repos du sol durant 15 jours à un mois avant la plantation. C'est pourquoi il est recommandé d'enfouir les débris végétaux lors du labour (IITA, 2014).

Tableau II : caractéristiques des variétés de manioc cultivées en Côte d'Ivoire

Variété	Cycle (mois)	Zone de production	Rendement moyen (t/ha)	Caractéristiques	Goût	Usage courant
Yacé	11-20	Sud, Centre	20	Taux de matière sèche élevé (40 %), sensible à la mosaïque, aux acariens et aux cochenilles, bon pour attiéké	Amer	Attiéké
Bonoua	12-20	Répandue	15	Taux de matière sèche élevé (39 %), sensibilité à la mosaïque et aux cochenilles, rendement faible, bonne cuisson et bon gout	Doux	Foutou
IM 84	12-20	Répandue	30	Rendement élevé, récolte facile, gout doux, bon pour attiéké, bonne adaptation au sol, sensibilité à la mosaïque	Doux	Attiéké et Foutou
IM 89	12-20	Répandue	28	Taux de matière sèche élevé (39 %), sensibilité aux acariens, bonne cuisson, bon pour attiéké	Amer	Attiéké
IM 93	12-20	Centre, Est	28	Ramification forte, résistance à la mosaïque, sensibilité aux acariens, gout doux, mauvaise cuisson	Doux	Attiéké
TMS4 (2)14 25	12-20	Centre, Ouest	30	Ramification forte, rendement élevé, résistance à la mosaïque, sensibilité aux acariens, récolte facile et bon gout	Doux	Attiéké et Foutou
TMS 30572	12-20	Centre, Est, Nord	30	Ramification forte, rendement élevé, résistance à la mosaïque, sensibilité aux acariens et aux cochenilles	Amer	Attiéké
Bocou 1	12-24	Répandue	20	Ramification forte, rendement élevé, résistance à la mosaïque, sensibilité aux acariens et aux cochenilles. Taux de matière sèche élevé (39 %)	Doux	Attiéké et Foutou
Yavo	12-20	Centre, Est, Sud	30	Taux de matière sèche élevé (40 %) résistance à la mosaïque, rendement élevé	Doux	Attiéké et Foutou

Source : Akpingny & Koulou, 2017

1.9.2. Choix et préparation des boutures

Pour les boutures à planter, il est conseillé de choisir des variétés adaptées au terrain et à la région. En effet, quelques jours avant la plantation, les tiges saines peuvent être prélevées sur des plants sains, âgés d'au moins six mois, puis découpées en boutures de 20 à 30 cm de long comportant quatre à six nœuds au moment de la mise en place. Les boutures peuvent être choisies sur des tiges assez grosses ayant 15 à 20 mm de diamètre et présentant assez de nœuds. Les parties fortement aoûtées ou tendres sont à éviter (N'Zué *et al.*, 2013). L'âge des boutures est important car les boutures de 1 an reprennent vite mais sont sensibles aux insectes et à la sécheresse. Par contre, celles de 2 ans ont une reprise plus lente mais résistent bien mieux par la suite. Il est également bon de posséder un parc à bois ne servant qu'à la production de bonnes boutures (Ziani *et al.*, 2015).

1.9.3. Périodes de plantation

Les dates de plantation du manioc varient suivant les régions et les localités. Le principe étant qu'il est bon de planter au début de saison des pluies car le jeune plant de manioc résiste mal à la sécheresse (Akpiny & Koulou, 2017).

1.9.4. Mode et densité de plantation

Les boutures peuvent être plantées, soit horizontalement à moins de 10 cm de profondeur dans le sol, soit de manière oblique dans le sol à 45 °C, soit de façon verticale (Ziani *et al.*, 2015).

Les écartements varient avec la richesse du terrain et avec la variété. En terre riche, le manioc est planté à 1,20 m en tous sens, soit 6900 pieds/ha puis 1 m en tous sens, soit 10000 pieds/ha en terre moyenne. Par contre, sur un sol pauvre, le manioc est planté à 0,80 m en tous sens, soit 15600 pieds/ha (Akpiny & Koulou, 2017).

1.9.5. Entretien

L'entretien consiste au désherbage, au remplacement des pieds morts ou manquants, à la fertilisation et à la protection de la culture.

Le désherbage peut être manuel ou chimique. Quel que soit le type de désherbage choisi, il doit se faire lorsque la parcelle est enherbée. En général, quatre sarclages par an sont suffisants pour tenir la plantation propre. Il faut surtout éviter de laisser trop pousser les herbes. Le désherbage chimique fait appel à l'utilisation d'herbicides. En effet, il n'y a pas

d'herbicide sélectif du manioc. Généralement, les herbicides utilisés sont des herbicides totaux à la dose moyenne de 4 litres à l'hectare à utiliser avant le planting.

Le remplacement des pieds manquants intervient quinze à vingt-un jours après la plantation si le taux de levée est inférieur à 90 % (Akpinyi & Koulou, 2017). Les boutures qui ne poussent pas doivent être enlevées et éliminées de la zone de culture, afin d'éviter la transmission de toute maladie qui pourrait avoir causé l'échec. De nouvelles boutures saines devraient être plantées avant la troisième semaine après la plantation initiale, afin de maintenir la densité prévue. Cependant, les nouvelles boutures ne doivent pas être plantées exactement dans les mêmes trous qu'occupaient celles qui ont échoué, pour éviter le risque de répétition du problème initial (Hauser *et al.*, 2014). La fertilisation minérale est utilisée pour la production de boutures. En effet, Lors de la préparation du sol, de la dolomie peut être apportée à la dose de 100 kg/ha. En plus, l'engrais NPK (10 18 18) peut être apportée 60 jours après plantation à la dose de 300 kg/ha pour un objectif de production d'au moins 25 t/ha ou de l'urée (150 kg/ha), du phosphate tricalcique (100 kg/ha) et du KCl (250 kg/ha) pour un objectif de production d'au moins 30 t/ha. Cependant, la fertilisation organique est réservée pour la production de racines tubérisées. Comme fertilisants organiques, on a la litière de volaille, ou tout autre fumier, à raison de 10 t/ha, voire 15 ou 20 t/ha si le sol est pauvre, apportés lors de la préparation du sol ou à la plantation (N'Zué *et al.*, 2013).

1.9.6. Protection de la culture

La protection de la culture du manioc consiste d'abord en l'utilisation des boutures de tiges saines (indemnes de maladies), des variétés résistantes, à planter en début de saison des pluies, à maintenir la parcelle propre tout en éliminant les débris de récolte pouvant être source de certaines maladies.

1.9.7. Systèmes de culture du manioc

La production du manioc en Afrique se réalise dans divers systèmes de culture qui, dans un champ donné, pourraient être sous forme de monoculture, d'association et de rotation.

En monoculture, le manioc est la seule culture dans le champ. On trouve principalement ce système sur des exploitations commerciales à grande échelle.

En association, au cours de laquelle le manioc est cultivé avec d'autres cultures dans le même champ en même temps.

En rotation culturale, on distingue deux formes à savoir (1) la rotation culturale sous culture continue qui implique l'utilisation continue d'un même champ en alternant les cultures d'une saison à l'autre ou d'une année à l'autre. Et (2) la rotation culturale imbriquée en jachère, qui consiste à laisser un champ au repos pendant un certain temps pour permettre la restauration de la fertilité du sol avant de le réutiliser. Certaines jachères sont naturelles, c'est-à-dire que le champ est laissé non cultivé, tel que couramment pratiqué en Afrique de l'Ouest et du Centre ; tandis que d'autres sont gérées, c'est-à-dire qu'une culture de couverture est plantée dans le champ afin d'améliorer le processus de restauration de la fertilité du sol (Hauser *et al.*, 2014).

1.10. Conclusion partielle

Le manioc, plante originaire de l'Amérique Latine, est la deuxième culture vivrière en Côte d'Ivoire après l'igname. Il appartient à la famille des Euphorbiacées ayant plusieurs phases phénologiques et se multiplie par bouturage. Le manioc peut être cultivé en monoculture, en association et rotation culturale. C'est une plante qui se développe plus sous une température comprise entre 23 °C et 25 °C sur des sols à texture sablo-limoneuse ou argilo-sableuse à pH égale à 5,5. Le manioc tire son importance de ses racines tubéreuses entrant dans l'alimentation humaine qu'animale puis il est utilisé à des fins industrielles. Sa culture est confrontée à de nombreux ravageurs, maladies et adventices pouvant entraîner de lourdes pertes de rendements. Cependant, une étude complémentaire sur la fertilisation minérale et organique s'avère nécessaire pour accroître la production du manioc tout en restaurant la fertilité des sols cultivés.

Chapitre 2 : Fertilisation minérale et amendement

La fertilisation minérale ou organique est une pratique culturale en milieu paysan. Elle consiste à apporter au sol des substances minérales ou organiques afin d'améliorer les propriétés physico-chimiques du sol tout en augmentant la productivité des plantes. Ainsi, il est important dans ce chapitre de définir la notion de fertilisants et leurs rôles, d'énumérer les types de fertilisants et de dégager leur impact sur la production des plantes.

2.1. Fertilisants

Les fertilisants ou engrais sont des substances organiques ou minérales, souvent utilisées en mélanges, destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, de façon à améliorer leur croissance, et à augmenter le rendement et la qualité des cultures. Les engrais et les amendements font parties des produits fertilisants. La fertilisation se pratique en agriculture, en horticulture, en sylviculture et lors des activités de jardinage. Les principaux éléments fertilisants que l'on cherche à apporter par les engrais sont : l'azote, le phosphore et le potassium (Yéo, 2017).

2.2. Rôles des fertilisants

Les fertilisants ou engrais sont des substances destinées à assurer la nutrition des végétaux. Toutefois, certains amendements organiques, tels les composts et les fumiers compostés, ont aussi une action fertilisante. Ces engrais peuvent être de trois types : minéraux, organo-minéraux et organiques.

2.2.1. Fertilisants minéraux

L'Association Nationale des Producteurs d'Engrais et Amendements (ANPEA) de la France (2012) définit les engrais minéraux comme des produits fertilisants dont les éléments nutritifs se trouvent sous la forme de minéraux obtenus par extraction ou des procédés industriels physiques et/ou chimiques. Lesquels éléments sont directement destinés à la nutrition de la plante. Ces éléments sont classés en trois catégories : les éléments majeurs (N, P, K), les éléments secondaires (Ca, Mg et S) et les oligo-éléments (Fe, Cu, Mo, Zn, B et Mn) (ANPEA, 2012). Les engrais minéraux à la différence des autres types d'engrais fournissent des éléments minéraux immédiatement utilisables par les plantes. Cela favorise une bonne absorption de ces éléments par la plante avec un changement spectaculaire de la physiologie et du rendement de la culture (Pichot *et al.*, 1981).

2.2.2. Engrais organo-minéraux

Les engrais organo-minéraux sont un mélange de matières organiques d'origine animale et/ou végétale. Ils doivent contenir au moins 1 % d'azote organique d'origine animale ou végétale (UNIFA, 2008). Selon les normes françaises NF U42-001/1981 appliquées aux engrais organo-minéraux pour que des produits fertilisants soient considérés comme :

- engrais organo-minéraux azotés, il faut que la teneur en azote soit au moins supérieure ou égale à 3 % (N ; 3 %).
- engrais composés organo-minéraux NPK - NP - NK, il faut que leur teneur en $N + P_2O_5 + K_2O$ soit au moins supérieure ou égale à 7 % ($N + P_2O_5 + K_2O$).

En outre, les engrais organo-minéraux peuvent également contenir des oligo-éléments mais leurs teneurs sont souvent trop faibles pour pouvoir être déclarées (ANPEA, 2012).

Sur le plan agronomique, les engrais organo-minéraux offrent une synergie d'effets due à leur support organique et à leur complément minéral, sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol et en libérant de façon progressive les éléments minéraux nécessaires à la plante.

2.2.3. Fertilisants organiques

La fertilisation organique ou amendements organiques, est l'incorporation au sol, de matières organiques (MO) plus ou moins décomposées, tels que les fumiers compostés. Elle permet d'améliorer la structure du sol et d'augmenter la capacité du complexe argilo-humique à stocker les éléments nutritifs (Daujat *et al.*, 2015). Les origines de la fumure organique sont multiples et variées (Duperiez, 2007) : (i) le fumier végétal qui est composé de déchets provenant des plantes (en tombant, les feuilles mortes, les rameaux, les écorces, les fruits, se décomposent dans la litière) ; (ii) le fumier animal formé par les excréments des animaux, mélangés souvent avec de la paille ; (iii) le purin animal constitué par les déjections liquides des animaux ; (iv) le purin végétal, qui est les macérations des plantes ; (v) le compost, formé d'un mélange de déchets végétaux, des excréments animaux et de cendre.

2.2.4. Substrats organiques

- Les fientes de poulets sont des déjections avicoles qui contribuent, du fait de leur valeur fertilisante et amendante, à réduire l'utilisation d'engrais minéraux, et ainsi le coût de la fertilisation. Elles permettent également d'accroître le taux de recyclage des éléments en agriculture et à entretenir la fertilité, la stabilité structurale et la biodiversité des sols,

notamment par l'apport des composants de la litière. Cependant, lorsque les apports d'effluents dépassent la capacité de recyclage des milieux naturels récepteurs, des impacts négatifs apparaissent vis à vis du sol, des eaux ou de l'air. De plus, lorsque la quantité épandue est supérieure aux besoins réels de la plante, cette même richesse entraîne la pollution des sols, des eaux et de l'air. Un traitement biologique bien maîtrisé avant l'épandage permet de limiter les pollutions (Boughaba, 2012). Le tableau III présente la composition moyenne de la fiente sèche de poules pondeuses.

Tableau III : composition moyenne de la fiente de poules pondeuses

Composition (%)	Fientes séchées de poules pondeuses
Matière sèche	80
Matière minérale	22
Matière organique	58
Azote total	40
NH4 (N ammoniacal)	4
N organique	36
P2O5 (phosphore)	36
K2O (potasse)	25
Cu (cuivre) mg / kg	68
Zn (zinc) mg /kg	422

Source : ITAVI & ITP, 2005

Les fientes de poulets peuvent être utilisées pour la fourniture d'énergie, pour l'alimentation des poissons en pisciculture et en tant qu'engrais en agriculture. L'utilisation de fientes de poules pour produire de l'énergie consiste à la production exclusive d'électricité ou de chaleur par méthanisation des fientes de poulets ou de tout autre résidu organique (Maurer, 2004).

- Les balles de riz sont des sous-produits dérivés du décorticage du riz, opération qui permet de transformer le riz récolté, ou riz paddy, en riz cargo. La balle de riz est constituée par les glumes et glumelles, bractées modifiées qui enveloppent l'épillet, et donc à maturité le caryopse constituant le grain de riz (Koala, 2012). La balle de riz est d'une couleur brun beige, de consistance dure, beaucoup plus résistante que celle du blé. Ce produit, léger, volumineux et de densité très faible est pratiquement imputrescible et inattaquable par les insectes (Delot, 2015).

Elle est aussi utilisée comme paillis pour le jardinage et comme fond de litière dans les étables ou les écuries (Delot, 2015). Aujourd'hui au Burkina Faso, Ghana, Mali et au Niger la nouvelle tendance est l'utilisation des fours à balle de riz utilisant comme combustible la balle de riz (brute ou carbonisée) en lieu et place des foyers utilisant le bois (Sani, 2015).

A l'état naturel, la balle de riz est sujette à une biodégradation très lente et présente donc peu d'intérêt au niveau agronomique, sa transformation par carbonisation permet d'améliorer ses qualités physiques et chimiques et d'en faire un substrat intéressant particulièrement pour la germination des graines et le développement de boutures. Ce substrat peut être utilisé pur ou en mélange, à différentes concentrations, (avec de la terre, du terreau, du sable, etc...), en fonction du mode de culture. A l'état pur il présente le défaut de ne pas pouvoir maintenir une hygrométrie stable du milieu de culture. En pépinière il est régulièrement utilisé à des doses allant de 33 à 50 % du substrat. Le processus de carbonisation des balles de riz se déroule en huit étapes (Rodriques & Mateo, 2008). En outre, la balle de riz carbonisée peut être aussi utilisée comme amendement, en l'incorporant au sol sur la ligne de plantation ou de semis, à raison de 10 à 20 tonnes par hectare. Elle permet d'améliorer les rendements en augmentant le pH du sol. Ce qui favorise l'assimilation du phosphore, en améliorant l'aération de la zone racinaire, la capacité de rétention en eau du sol, et le niveau d'échanges en potasse et magnésium. Riche en silice, imputrescible et de faible densité, la balle de riz est en effet une bonne matière première dans le terreau. Elle a la capacité d'aérer les sols, de les alléger lorsqu'ils sont trop lourds, d'apporter une légère acidité (Misra *et al.*, 2005). La composition chimique des cendres de balles de riz réduites en charbon est consignée dans le tableau IV.

Tableau IV : composition des cendres (hors carbone)

Composition chimique des cendres (%)	
SO ₂	86 - 97,3
K ₂ O	0,58 - 2,5
Na ₂ O	0,0 - 1,75
CO	0,2 - 1,5
MO	0,12 - 1,96
Fe ₂ O ₃	Trace - 0,54
P ₂ O ₅	0,2 - 2,85
SO ₃	0,1 - 1,13
Cl	Trace - 0,42

Source : Delot, 2015

- La sciure de bois aussi appelée bran de scie au Québec désigne l'ensemble des petites particules et fins copeaux issus du sciage de bois. Il se présente presque sous forme de poudre. Il se trouve principalement et en quantité assez importante au niveau des grandes scieries. Les sciures de bois et copeaux sont considérés au niveau des scieries comme déchets et sont évacués le plus souvent dans les décharges publiques (Koala, 2012).

Humidifiée, elle était autrefois utilisée pour améliorer le balayage du sol intérieur, tout en limitant les envols de poussière. La sciure est aussi utilisée comme source de biomasse énergie, par exemple sous forme de bûchette reconstituée ou de charbon de bois reconstitué. Elle peut aussi être utilisée dans les toilettes sèches où elle empêche la formation d'odeurs et constitue une source de carbone qui améliorera la qualité du compost final. Elle est pour des raisons similaires utilisée comme litière pour certains animaux élevés en cage (rongeurs par exemple). La sciure fine sèche ou humide, éventuellement tamisée ou chimiquement traitée ou ayant subi un traitement thermique, séchage au four à 100 et 105 °C selon la ou les molécule (s) que l'on souhaite fixer s'avère être un excellent absorbant ou adsorbant industriel. Elle peut absorber divers produits toxiques (Nordine, 2018).

2.3. Fertilisation minérale et production des plantes cultivées

De nombreuses études menées sur diverses plantes montrent l'effet bénéfique de l'apport d'engrais minéral sur la croissance et le rendement de ces cultures, non sans mentionner certaines contraintes et limites. Olaniyi (2008) a signalé que chez *Citrullus lanatus*, la maturation du maximum de fruit peut être retardée de onze jours si la disponibilité d'azote est limitée. Il a, en outre, noté que le rendement en graines de cette Cucurbitaceae a augmenté avec des doses croissantes d'azote jusqu'à 60 Kg /ha au-delà de laquelle les baisses de rendements sont constatées. Avec le phosphore, ce chercheur a obtenu le rendement optimal de la plante à la dose de 17,6 Kg/ha. Par contre, Ayodele *et al.* (2006) ont obtenu le rendement optimal de *Citrullus lanatus* avec 20 Kg/ha de phosphore.

En Côte d'Ivoire, Kra (2002) a révélé que de faibles doses d'azote stimulent la croissance de *Vigna subterranea*. Des résultats similaires sont obtenus par Kouakou (2002) sur le Niébé. Cependant, ces études indiquent que de fortes doses de cette fumure ont inhibé la croissance des plantes examinées. Par ailleurs, l'application de 50 Kg/ha de fumure azotée a entraîné une augmentation du poids sec total des graines de voandzou (Yapi, 2003). Selon Gaebewe (1999) et Gogbeu (2002), la production de cette même plante augmente avec les fumures potassiques et phosphatées.

L'utilisation du NPK sur la pomme de terre au Rwanda, a permis d'obtenir 28,3 t/ha de racines tubérisées contre 19,8 t/ha pour le témoin (Nyembenda, 2005). Par contre, cette fumure n'a pas eu d'influence significative sur le rendement du manioc, au Nigeria, sur un alfisol de forêt aussi bien en grande qu'en petite saison pluvieuse (Agbaje & Akinlosotu, 2004). Ils ont attribué cette contre-performance à la pluviométrie qui est donc un facteur déterminant dans la disponibilité et l'assimilation des nutriments par la plante. En effet, ces chercheurs ont mentionné que l'inefficacité du NPK à augmenter les rendements s'explique, en grande saison pluvieuse, par une abondance de pluie qui a influencé négativement la rétention des nutriments dans le sol ; et en petite saison pluvieuse, par une pluviométrie insuffisante et incapable à rendre disponible les nutriments.

En Côte d'Ivoire, les études de Diby *et al.* (2006) sur l'igname, menées en zones de savane et de forêt, ont montré pour les deux variétés *Dioscorea alata* et *Dioscorea cayenensis-rotundata* que l'apport de fumure minérale a augmenté de façon significative la production de racines tubérisées frais seulement chez *D. alata* sur le site de savane.

2.4. Fertilisation organique et production des plantes cultivées

La matière organique améliore la fertilité du sol en agissant sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol (N'Dayegamiye & Côté, 1996). L'application des fumures organiques a contribué à augmenter les rendements de nombreuses plantes. Un essai comparatif de fertilisation sur une culture de canne à sucre, mené à la Réunion, a montré que les boues d'épuration et l'engrais minéral permettaient d'obtenir les mêmes rendements et une même richesse en sucre de la canne à sucre (Chabalier *et al.*, 2006).

Par contre, un essai comparant l'effet du lisier de bovin et celui de l'engrais sur la canne à sucre, conduit par ces chercheurs, a montré que les rendements des parcelles fertilisées avec le lisier sont inférieurs de 5 à 20 % à ceux des parcelles fertilisées avec l'engrais. Toutefois, ils ont constaté que la richesse en sucre des cannes des parcelles avec lisier est équivalente à celle des parcelles avec engrais. Une autre étude menée par N'Dayegamiye & Côté (1996) a montré que l'apport annuel de fumier seul à une faible dose permet à long terme d'atteindre les mêmes niveaux de production en maïs que la fertilisation minérale complète.

Au Burundi, des doses croissantes de fumiers de fermes appliqués sur un sol ferrallitique ont induit des rendements de plus en plus élevés du haricot, du maïs et du manioc. Sur ce même type de sol en Côte d'Ivoire, la fumure de bovin a donné un rendement de 61 t/ha de racines tubérisées de manioc contre 40 t/ha pour le témoin, quinze mois après plantation (Bakayoko *et al.*, 2007).

Au Cameroun, le fumier et le compost utilisés sur un sol ferrugineux lessivé, ont eu des effets comparables sur le rendement en grains du maïs. En effet, l'application de ces fumures organiques s'est traduite à des doses relativement élevées, par une augmentation sensible du rendement (Awono *et al.*, 2002). En utilisant 35,75 t/ha de fumure organique, ces chercheurs ont obtenu le double de la production du témoin.

Des études similaires menées au Burundi sur des sols acides, lessivés de texture argileuse ont permis de constater que les rendements du haricot et du maïs étaient multipliés trois à quatre fois lorsque les doses de fumiers passaient de 3 à 9 t/ha. Au Rwanda, le fumier de vache a donné 23,3 t/ha de pomme de terre contre 19,8 t/ha pour le témoin. Par contre, une chute de rendement du maïs a été observée par Awono *et al.* (2002) sur sol ferrugineux lessivé, au Cameroun, après application de 8 t/ha de fumure organique. Par ailleurs, Pieri (1989) a fait remarquer des effets dépressifs des fumures organiques mal décomposées sur les rendements de sorgho et de mil. Cependant, ces phénomènes qu'Awono *et al.*, 2002) expliquent par une immobilisation de l'azote des fumures dans le sol, pendant l'année l'application, pourraient, selon ces auteurs, être suivis d'un effet résiduel important l'année suivante. Aussi, pour éviter les phénomènes d'effets dépressifs, les fertilisants organiques sont de plus en plus associés à la fumure minérale. En effet, la fumure organique associée à l'engrais minéral constitue une fertilisation pouvant assurer l'équilibre entre les apports et les besoins des plantes (Giller *et al.*, 2002).

En Côte d'Ivoire, la combinaison de la poudrette de parc (bouse sèche de bovin) à une faible dose d'engrais a eu un effet bénéfique sur la croissance des plants de palmier à huile en pépinière (Djeké, 2002). Les céréales également se prêtent bien à la fumure organo-minérale. En effet, au Burundi, le mélange du fumier à l'engrais NPK a donné 4 t/ha de grains de maïs contre 2 t/ha pour le fumier seuls les amendements organiques d'origine animale se présentent sous forme sèche ou liquide selon la manière dont ils sont stockés. Leur teneur en éléments minéraux dépend de l'espèce animale, des aliments consommés par les animaux et des modalités de stockage des déchets (El Hassani & Persoons, 1994). Les déjections animales couramment utilisées pour la fertilisation sont les déchets de porcs, les fientes de poulet et la bouse de bovin.

2.5. Fertilisation du manioc

La fertilisation permet d'améliorer la production du manioc. Ainsi, de toutes les études consacrées à la fertilisation du manioc, il est difficile de retirer des traits généraux vis-à-vis des éléments majeurs N, P et K tant les réponses enregistrées à travers le monde (Jennings,

1970 ; Hahn *et al.*, 1979) sont variables et contradictoires. En Côte d'Ivoire, Miege (1957) a obtenu des rendements élevés avec le nitrate de potasse. De même, dans ses essais multilocaux, Pouzet (1983) a observé une amélioration de la production du manioc avec le NPK 10-18-18. En outre, une étude menée par Akanza *et al.* (2011) sur la fertilisation organo-minérale du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et diagnostic des carences du sol, a montré que la combinaison de la demi-dose d'engrais minéraux NPKCa 10 90 18 4 avec 20 t/ha de fumier permet d'accroître la production du manioc. De plus, Palm *et al.* (1997) ont affirmé que l'une des voies prometteuses consiste à apporter aux sols différents types de matière organique et des engrais minéraux de sorte à accroître la disponibilité des éléments nutritifs du sol. Au Togo, le rendement maximal (29 t/ha) de manioc est atteint après la culture de légumineuses et avec une fertilisation de N30-P45-K90 (Saragoni *et al.*, 1992). En Côte d'Ivoire, Bakayako *et al.* (2007) ont montré que la litière de volaille et la fumure de bovin ont apportées sur des sols ferrallitiques sableux, moyennement désaturés à Toumodi quinze mois après plantation ont entraîné une augmentation des rendements moyens de quatre variétés de manioc respectivement 63 t/ha et 61 t/ha.

2.6. Conclusion partielle

De ce chapitre sur la fertilisation minérale et organique, il faut retenir qu'il existe des fertilisants minéraux (NPK), organo-minéraux (NPK - NP - NK) et organiques (fumier, compost...) destinés à assurer la nutrition des plantes en vue d'augmenter leur production agricole. Les balles de riz réduites en charbon, la fiente de poulets et la sciure de bois sont d'excellentes sources d'éléments nutritifs peuvent être utilisées comme amendement. Par ailleurs, avant apport de tout fertilisant, une connaissance sur la zone de culture est importante.

Chapitre 3 : Zone d'étude

Le présent chapitre définit la zone d'étude et présente ses caractéristiques agroécologiques.

3.1. Daloa dans la région du Haut-Sassandra

Cette étude a été réalisée à l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) de Daloa (6°54 de latitude Nord et 6°26 de longitude Ouest) en Côte d'Ivoire. La commune de Daloa est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire à 141 km de Yamoussoukro et à 383 km d'Abidjan. Daloa est située à 6°53 de latitude Nord et 6°27 de longitude Ouest et limitée par plusieurs départements, notamment celui de Vavoua au Nord, Issa au Sud, Gonaté à l'Est et à l'Ouest par celui de Zoukougbeu (Kouakou, 2020) (Figure 12). La ville de Daloa a été choisie pour la conduite de cette expérience car c'est une zone qui dispose, d'une part, de conditions naturelles favorables au bon développement agricole puis, d'autre part, d'un fort potentiel humain, participant également à la distribution alimentaire de la nation. Ainsi donc, la presque totalité des produits vivriers cultivés en Côte d'Ivoire se retrouvent-ils dans la région. C'est le cas des féculents (igname, banane, manioc), des céréales (riz, maïs, mil, ...), des fruits et des légumes.

3.2. Climat

La région du Haut-Sassandra bénéficie d'un climat de type tropical humide semi-décidu et caractérisé par deux grandes saisons de durée inégale. Il s'agit d'une grande saison de pluies qui part de Mars à Octobre avec des précipitations qui oscillent entre 75 et 105 mm de pluie et d'une grande saison sèche qui débute en Novembre et prend fin en Février avec une pluviométrie qui varie entre 10 et 39 mm de pluie (Figure 13) (Brou, 2005 ; Kouamé *et al.*, 2006 ; Koffi & Kra, 2013 ; Norbert *et al.*, 2015). Zone humide par excellence, l'hygrométrie est importante avec une température homogène avec une moyenne annuelle de 26 °C (Koffi & Kra, 2013).

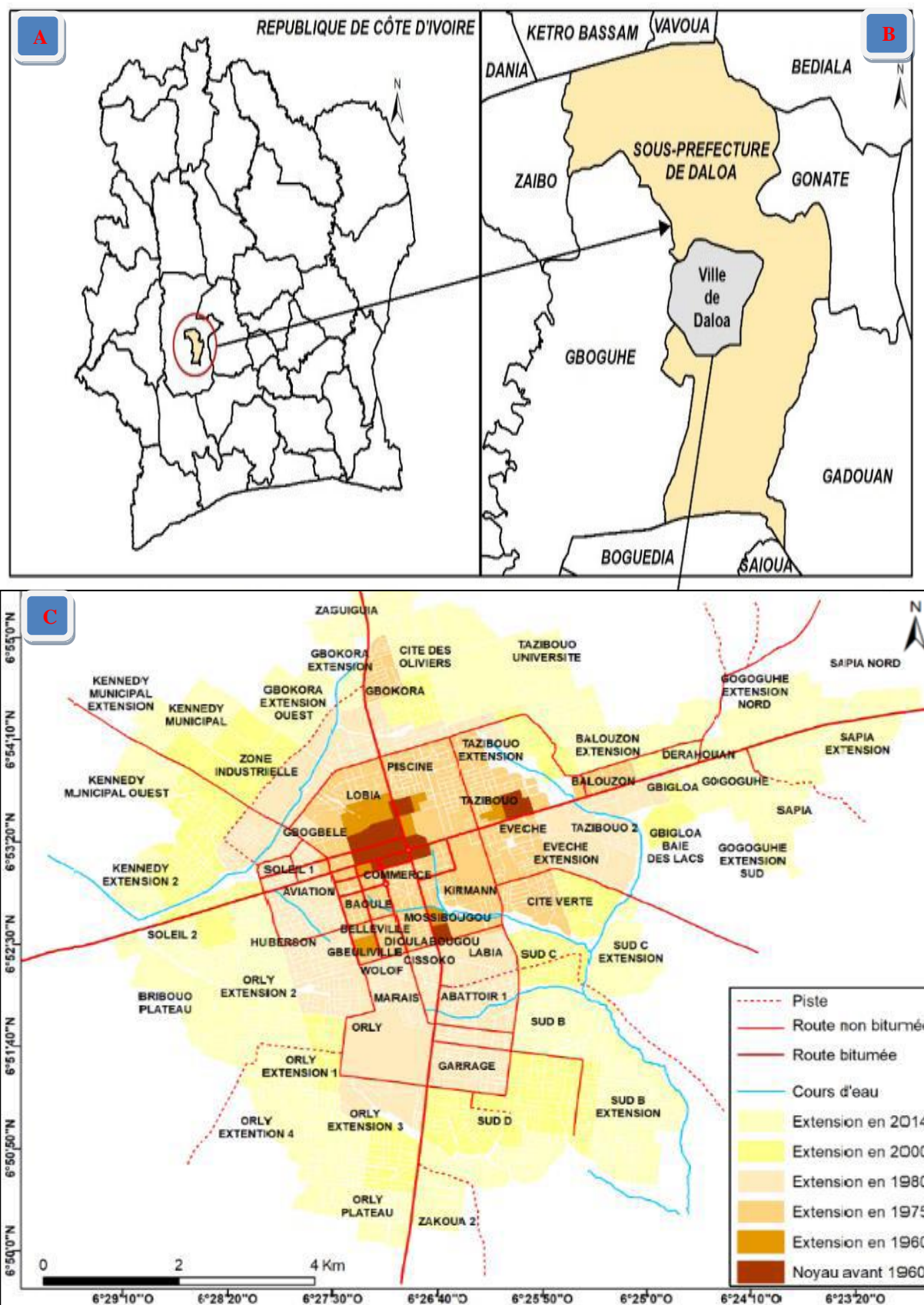


Figure 12 : localisation du site de l'étude

A- carte de la Côte d'Ivoire ; B- carte de la région du Haut-Sassandra ; C- carte de la ville de Daloa

Source : Bolou, 2021



Figure 13 : courbe ombrothermique de la ville de Daloa de 2015 à 2022

Source : Hikersbay, 2022

3.3. Relief et sol

Le modelé de la région est monotone et le paysage est constitué de pénéplaines qui sont de vastes surfaces faiblement ondulées. Il semble que les formes actuelles sont le résultat du stade ultime de la dégradation d'anciens glacis. Ces pénéplaines sont constituées d'interfluves dont les modelés élémentaires varient entre deux grands pôles ; les interfluves à sommet convexe. De cette surface émergent des reliefs résiduels constitués d'inselbergs isolés (Koffi & Kra, 2013). Le relief est constitué en grande partie de plateaux comportant de nombreuses vallées.

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 rendant le sol très profond. On note des sols ferrallitiques d'origine granitique moyennement et faiblement désaturés, les classes de sols les plus représentées sont les sols peu évolués (d'apport alluvial et/ou colluvial) et les sols hydromorphes. Les sols ferrallitiques présentent de bonnes aptitudes agricoles et se prêtent à tous les types de cultures (Koffi & Kra, 2013).

3.4. Flore et végétation

La région du Haut-Sassandra se caractérise par une flore très variée présentant deux types de végétations bien distinctes. On distingue :

- La zone forestière qui occupe la majeure partie de la région. Elle se caractérise par une forêt semi décidue à *Celtis spp* et *Triplochiton scleroxylon* (samba) ;
- La zone des savanes ou savane pré-forestière (Nord de Vavoua). La composition de ces savanes diffère en fonction de la nature du sol ou de l'action de l'homme. Ainsi, on trouve des savanes à rôniers sur les sols hydromorphes, des savanes herbeuses post-culturelles ou des savanes alluviales sur les bordures du fleuve Sassandra et enfin des savanes arbustives. Mais, l'occupation humaine est très forte dans cette région. La forêt dense semi-décidue a fait place à des zones de cultures pérennes (cacao, café etc.) et vivrières (maïs, riz, banane, taro etc.), à des jachères (Guillaumet & Adjanohoun, 1971).

Cette région héberge également la forêt classée du Haut-Sassandra qui appartient essentiellement à la zone de forêt dense humide semi-décidue selon Guillaumet & Adjanohoun (1971). Aké (1984) ayant recensé, pour tout le territoire ivoirien, 3660 espèces végétales appartenant à 1218 genres et 192 familles, il est aperçu, à l'analyse que, la contribution de la forêt classée du Haut-Sassandra, à la flore générale ivoirienne est de 25,44 % d'espèces, 43,51 % de genres et 57,81 % au niveau des familles. Cette richesse est liée à la multitude de biotopes naturels à l'intérieur de cette forêt classée. La végétation de cette forêt classée se compose de différentes formations végétales afférentes au relief, aux types de sols, à l'hydrographie et aux activités humaines. En effet, les dômes granitiques et les cuirasses latéritiques de la forêt classée sont couverts par des formations savaniques. Les schistes moyennement désaturés occupant la partie Nord-Ouest de cette forêt classée (Kouamé *et al.*, 1998) sont recouverts par des savanes guinéennes. La berge du fleuve Sassandra et les lits de ses affluents, irriguant la forêt classée, ont une végétation particulière, constituée d'espèces ripicoles. La plus grande partie de la végétation de cette forêt classée est constituée par la forêt dense humide semi-décidue telle que définie par les spécialistes à Yangambi (Kouamé *et al.*, 1998).

3.5. Hydrologie

Au plan hydrographique, la région est sous l'influence du fleuve Sassandra et de ses affluents (le Lobo et le Davo) et du barrage de Buyo. 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. Ces conditions naturelles favorables ont eu pour conséquence une forte implantation de population (Koffi & Kra, 2013).

3.6. Population et activités économiques

La région du Haut-Sassandra dispose d'une population nombreuse en majorité rurale. Selon le RGPH (2021), la population rurale est de 421 879 habitants. Situé dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, la région du Haut-Sassandra bénéficie de conditions naturelles favorables pour un bon développement agricole. Aussi, bénéficie-t-elle de nombreux atouts pour la production des vivriers, mais aussi pour sa commercialisation. De ce fait, elle est appelée à jouer un grand rôle dans la distribution alimentaire du pays. Ces nombreuses potentialités ne semblent profitées qu'aux cultures d'exportation et en particulier le binôme café-cacao. C'est pourquoi, la région du Haut-Sassandra est la deuxième zone de production du cacao et la première pour le café du pays (MINAGRI, 2010). La région se présente comme le deuxième front pionnier de production de ces cultures (Adou, 2012).

3.7. Conclusion partielle

L'étude a été réalisée dans la région du Haut-Sassandra précisément à Daloa située dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Cette ville abrite l'Université Jean Lorougnon Guédé située à 6°54 de latitude Nord et 6°26 de longitude Ouest. Elle bénéficie d'un climat tropical humide semi-décidu avec deux grandes saisons, des sols ferrallitiques et de vastes surfaces faiblement ondulées propices aux activités agricoles. Cependant, quels sont le matériel et les méthodologies utilisés pour la mise en œuvre des travaux de cette étude ?

DEUXIÈME PARTIE : EXPÉRIMENTATION

Chapitre 4 : Caractérisation des paramètres physiques et chimiques du sol du site expérimental et des fertilisants organiques

La plante est un être vivant. Elle naît, croît et meurt. Une des caractéristiques essentielles est son étroite dépendance avec le milieu. Dans l'ensemble du monde intertropical, le climat joue en effet un rôle déterminant dans la répartition des grands ensembles végétaux, mais d'autres facteurs peuvent intervenir et parfois prendre une place prépondérante : interventions humaines, qualité des sols. Ainsi la connaissance de la nature et la composition physico-chimique des sols en agriculture s'avère-t-elle nécessaire car les plantes ne se développent pas n'importe où, ni n'importe comment. De plus, des pratiques culturales diversifiées ont existé de tout temps. Certaines se montrent à présent nocives (utilisation abusive des engrais chimiques) pour la qualité du sol qui les porte, d'autres sont cependant préconisées telles que l'utilisation des engrais organiques afin de maintenir la fertilité des sols pour une agriculture durable. Toutefois, avant tout apport extérieur de fertilisants aux sols cultivés, il est important de connaître la composition physique et chimique du sol du site expérimental ainsi que celle des fertilisants à employer.

4.1. Matériel biologique et tellurique

- Le matériel biologique est composé de 1 kg de sciure de bois âgée de 12 mois (Figure 14A), 1 Kg de fiente de poulets âgée de 6 mois (Figure 14B) et 1 kg de balles de riz réduites en charbon (Figure 14C). La sciure de bois a été obtenue au dépotoir de la scierie STBO de Daloa sise au quartier Kennedy 2. Quant aux balles de riz, elles ont été recueillies dans un moulin situé au marché d'Abattoir I de Daloa. La fiente de poulets a été collectée dans une ferme située au sein de la paroisse Sainte Hélène de Daloa.
- Le matériel tellurique est constitué de 1 kg de sol prélevé avant la culture du manioc d'une part puis d'autre part, de 1 kg de sol prélevé après la plantation (Figure 14D).

4.2. Méthodes

4.2.1. Echantillonnage

Après le désherbage de la parcelle expérimentale, cinq échantillons de sol ont été prélevés à 50 cm de profondeur dans chaque angle et au centre de la parcelle. De plus, après la récolte des racines tubérisées de manioc, cinq autres échantillons de sol ont été également prélevés

sur la parcelle (Figure 15). En effet, les points de prélèvement étaient équidistants de 32,97 m sur les diagonales, de 43 m au niveau de la largeur et de 50 m sur la longueur.



Figure 14 : échantillons de fertilisants utilisés

A : sciure de bois ; B : fiente de poulets en voie de décomposition ; C : balles de riz réduites en charbon ; D : terre

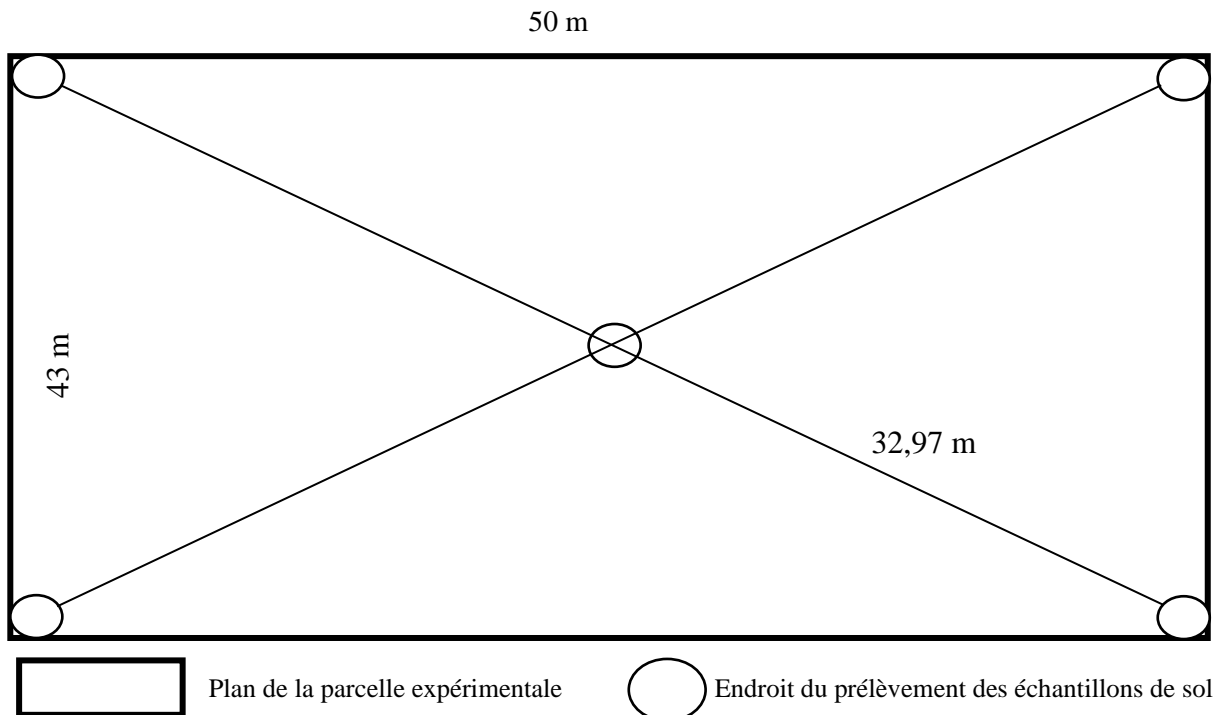


Figure 15 : points d'échantillonnage du sol sur le site expérimental

4.2.2. Caractérisation physico-chimique du sol et des fertilisants

Les échantillons de sol prélevés ont été séchés, émiétés, mélangés puis tamisés pour reconstituer 1 kg (Reid, 2007). En outre, pour chaque type de fertilisants (la fiente de poulets, les balles de riz réduites en charbon et la sciure de bois), un échantillon de 1 kg a été également constitué après séchage et tamisage. Par ailleurs, la détermination de la composition granulométrique du sol ainsi que l'analyse des paramètres chimiques des fertilisants et du sol ont été réalisées au laboratoire des sols, eaux et végétation de l'Ecole Supérieure d'Agronomie (ESA) de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).

4.3. Analyses statistiques

Une analyse de la variance (ANOVA) au seuil de 5% a été effectuée pour tester si toutes les moyennes des paramètres physico-chimiques étaient égales ou s'il existe une différence significative entre les moyennes. Lorsqu'une différence significative est révélée, l'ANOVA est complétée par le test de de Kruskal-Wallis. Toutes ces analyses ont été faites à l'aide du logiciel XSL STAT 2019.

Chapitre 5 : Evaluation des performances agromorphologiques de deux variétés de manioc sur divers substrats de pépinière

L'intensification de la culture du manioc s'avère particulièrement vulnérable aux mauvaises conditions climatiques, de même qu'aux attaques des ravageurs et des maladies. Les boutures de tige risquent de perdre rapidement leur viabilité par déshydratation lorsqu'elles sont exposées au soleil après plantation. C'est dans cette optique que ce chapitre a été initié afin de régénérer des miniboutures de manioc Bocou 1 et Yavo sur divers substrats en pépinière.

5.1. Matériel végétal

Pour cet essai, le matériel végétal utilisé est constitué de mille deux cent miniboutures de deux variétés de manioc (Bocou 1 et Yavo). Elles ont été prélevées sur des tiges apparemment saines âgées de douze mois. Les miniboutures ont été obtenues auprès de la coopérative des femmes de Zokoghué ; village situé à 18 km de la ville de Daloa sur l'axe Daloa-Vavoua (Figure 16).

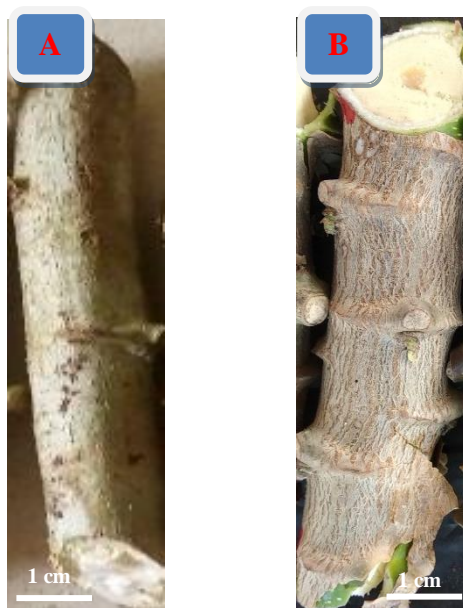


Figure 16 : miniboutures de manioc
A : variété Bocou 1 ; B : variété Yavo

5.2. Méthodes

5.2.1. Formulation des substrats

Au cours de cet essai, dix substrats ont été formulés pour la régénération des miniboutures déshydratées. Ces substrats présentent des compositions variables (Tableau V).

Tableau V : composition des différents substrats de la pépinière

Composition (%) Substrats	T	SB	FP	BRC	NPK
S0 (Témoin)	100	-	-	-	-
S1	50	50	-	-	-
S2	50	-	50	-	-
S3	50	-	-	50	-
S4	50	25	25	-	-
S5	50	25	-	25	-
S6	50	-	25	25	-
S7	25	25	25	25	-
S8	75	-	-	-	25
S9	50	-	-	-	50

T : terre ; *SB* : sciure de bois ; *FP* : fiente de poulets ; *BRC* : balles de riz réduites en charbon ; *NPK 10-18-18*. *S0* : substrat témoin ; *S1* : substrat 1 ; *S2* : substrat 2 ; *S3* : substrat 3 ; *S4* : substrat 4 ; *S5* : substrat 5 ; *S6* : substrat 6 ; *S7* : substrat 7 ; *S8* : substrat 8 ; *S9* : substrat 9.

5.2.2. Dose de NPK et des fertilisants organiques apportés en pépinière

La détermination de la quantité de NPK apportée a été faite en tenant compte de la dose moyenne de NPK 10 18 18 et celle des fumures organiques apportées par les producteurs à l'hectare. En effet, la connaissance de ces masses a permis de calculer la quantité de fiente de poulets, de la sciure de bois et des balles de riz réduites en charbon et du NPK en fonction du nombre de plants et des différentes formulations. Les différents traitements ont été définis à partir de cette valeur (Tableau VI).

Tableau VI : détermination des doses des fertilisants apportées en pépinière

Fertilisants	Dose (kg/ha) conseillée	Quantité de fertilisant utilisés (kg)
NPK 10 18 18	300	2,7
Fiente de poulets	10 000	150
Sciure de bois	10 000	150
Balles de riz réduites en charbon	10 000	150

5.2.3. Confection des substrats et disposition des substrats de culture sous l'ombrière

Au cours de l'étude, les sachets de culture ont été remplis selon les différentes formulations de substrats tout en respectant les différentes proportions. Ils ont été ensuite disposés en quatre blocs (deux blocs par variété de manioc) de façon aléatoire selon le dispositif de Fisher sur une superficie de 108 m² (9 m x 12 m). Les blocs étaient distants de 1 m ; comportant

chacun 5 formulations de substrats. Chaque formulation était constituée de soixante sachets par substrat c'est-à-dire quatre lignes de quinze sachets espacés de 5 cm entre-deux puis 10 cm entre les lignes (Figure 18).

5.2.4. Choix et préparation des boutures

- Les tiges saines de Bocou 1 et Yavo ont été prélevées sur des plants apparemment sains, âgés de douze mois. Elles ont été ensuite découpées en boutures de 10 cm de long (miniboutures) comportant deux à trois nœuds ayant 15 à 20 mm de diamètre. Les parties fortement aoûtées ou tendres ont été éliminées. Toutes les coupes ont été effectuées en biseau à l'aide d'une machette. Les miniboutures obtenues ont été mises en déshydratation pendant trois (03) jours. Au terme du temps de stockage, les miniboutures ont été réhydratées pendant 24 heures (Figure 17).

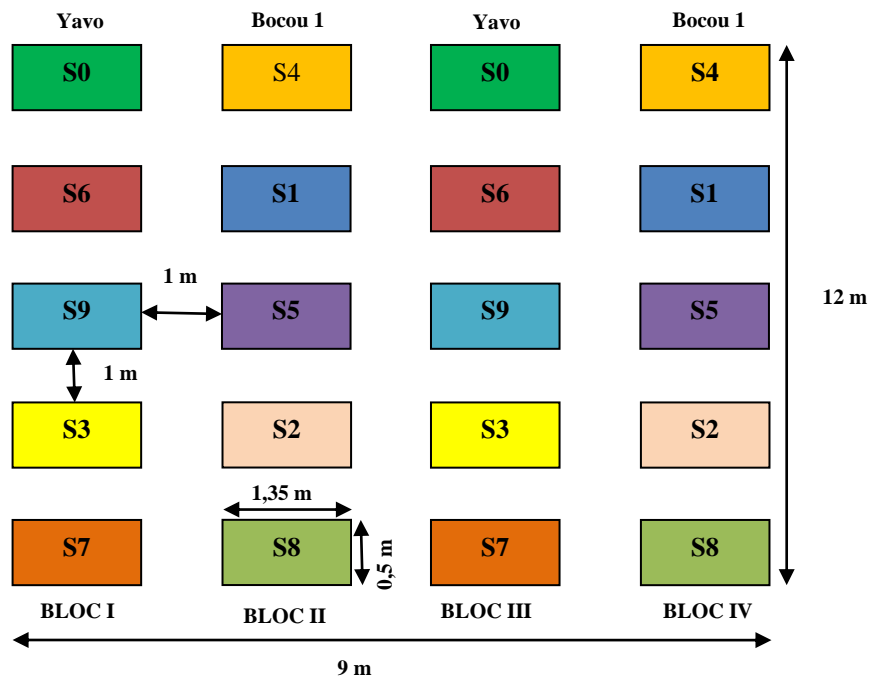


Figure 17 : dispositif en blocs de Fisher complètement randomisés des substrats de pépinière des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo

S0 (Témoin) : 100 % terre ; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK 10 18 18 ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK 10 18 18.



Figure 18 : illustration des différentes étapes de la préparation des boutures

A : prélèvement tige de manioc ; B : traits de coupe à 10 cm d'intervalle ; C : découpage ; D : miniboutures (10 cm) ; E : déshydratation (03 jours)

5.2.5. Plantation

La mise en pépinière des miniboutures a été réalisée en 4 h pendant la matinée. En effet, une heure avant la plantation, les substrats ont été abondamment arrosés, soit un arrosoir de 15 L par substrat. Les trois quarts (3/4) des miniboutures ont été ensuite introduit dans les substrats tout en orientant les bourgeons vers le haut pour assurer la bonne croissance des plantules. Mille deux cent (1200) miniboutures ont été plantées (Figure 19 et 20).



Figure 19 : plantation des miniboutures dans les sachets contenant les substrats formulés



Figure 20 : miniboutures plantées dans les formulations de substrat en sachet-pépière

V1 : variété Bocou 1 ; V2 : variété Yavo

5.2.6. Entretien de la pépinière et acclimatation

- L'entretien de la pépinière a débuté immédiatement par l'arrosage des miniboutures après leur mise en substrat. Ensuite, l'apport d'eau a été limité à deux arrosages quotidiens, le matin (de 6 h à 7 h) et le soir (de 17 h 30 à 18 h 15). Des étiquettes ont été placées entre les groupes de sachets portant le nom de la variété de manioc, les différents substrats ainsi que la date de plantation des miniboutures. En outre, les mauvaises herbes qui apparaissaient à la surface des sachets ont été arrachées à la main puis celles des entre-lignes à la daba. Par ailleurs, les miniboutures non régénérées ou rongées par les termites après plantation ont été remplacées.

- La phase d'acclimatation a pour but de permettre aux jeunes plants de s'adapter aux conditions environnementales de la zone de culture. D'abord, elle a consisté à diminuer la fréquence d'arrosage (2 fois / semaine) et la quantité d'eau (un arrosoir de 15 L par formulation) deux semaines avant la transplantation pour favoriser le durcissement des plants. Ensuite, l'ombrage a été réduit progressivement à partir du 30^{ème} jour jusqu'au 45^{ème} jour de pépinière (Figure 21).



Figure 21 : jeunes plants de manioc Bocou 1 et Yavo après 45 jours en pépinière

5.2.7. Evaluation des paramètres agronomiques

Les paramètres agronomiques mesurés ont concerné d'abord le délai de régénération et le taux de reprise des miniboutures, ensuite le nombre de tiges et de feuilles et la hauteur des jeunes plants de manioc Bocou 1 et Yavo.

- Le délai de régénération des miniboutures a été noté à la levée des miniboutures à partir du 5^{ème} jour sur un intervalle de cinq jours pendant trois semaines après plantation.
- Le taux de reprise des miniboutures a été obtenu en comptant les bourgeons des miniboutures levées sur les dix substrats par variété pendant vingt-un jours. En effet, la première observation a débuté sept jours après la plantation, la deuxième a eu lieu quatorze jours puis la troisième observation au 21^{ème} jour, en vue de recenser les éventuelles miniboutures en retard au niveau de la levée. Ce taux a été calculé en faisant le rapport de la somme de toutes les miniboutures régénérées (ΣNBr) et le nombre total de miniboutures plantées (N_{TB}) par substrat et par variété. La valeur obtenue est ramenée en pourcentage. La formule utilisée est la suivante :

$$\text{Tr (\%)} = (\Sigma NBr / N_{TB}) \times 100$$

1

Tr : Taux de reprise des miniboutures ; **NBr** : Nombre de miniboutures régénérées ; **N_{TB}** : Nombre total de miniboutures plantées

- Le nombre de tiges par plant a été compté ainsi que la moyenne des nombres de tiges par plant en fonction des formulations de substrat. Le nombre moyen de tiges par plant (N_{mt}) est égal à la somme du nombre de tiges de toutes les miniboutures (ΣNt) d'une formulation divisée par le nombre total de boutures (Nb) par substrat.

$$\mathbf{Nmt} = \Sigma \mathbf{Nt} / \mathbf{Nb}$$

2

Nmt : Nombre moyen de tiges par plant ; **ΣNt** : Somme du nombre de tiges de toutes les miniboutures ; **Nb** : Nombre total de boutures.

- Le nombre de feuilles par plant a été déterminé ainsi que la moyenne des nombres de feuilles par plant en fonction des substrats et par variété. Le nombre moyen de feuilles par plant (**Nmf**) est égal à la somme du nombre de feuilles de tous les plants (**ΣNf**) d'une formulation divisée par le nombre total de plants (**Np**) par formulation par variété.

$$\mathbf{Nmf} = \Sigma \mathbf{Nf} / \mathbf{Np}$$

3

Nmf : Nombre moyen de feuilles par plant ; **ΣNf** : Somme du nombre de feuille de tous les plants ; **Np** : Nombre total de plants.

- La hauteur des plants a été mesurée à l'aide d'un mètre à partir du collet jusqu'à l'apex de la tige principale. La hauteur moyenne (**Hmp**) des plants, déterminée, est égale à la somme des hauteurs de tous les plants (**ΣHP**) d'un substrat divisé par le nombre total de plants (**Np**) de ce substrat par variété (Al-Maskri *et al.*, 2003).

$$\mathbf{Hmp} \text{ (cm)} = \Sigma \mathbf{HP} / \mathbf{NP}$$

4

Hmp : Hauteur moyenne ; **ΣHp** : Somme des hauteurs de tous les plants ; **Np** : Nombre total de plants.

5.3. Analyses statistiques

Les données collectées ont été soumises à des tests statistiques à l'aide du logiciel XSL STAT 2019. Une analyse de variances ANOVA un facteur et a permis d'évaluer respectivement les effets des substrats les paramètres de croissance puis l'ANOVA deux facteurs pour évaluer l'effet des substrats et des variétés sur les paramètres agromorphologiques des plants de manioc. En cas de différence significative entre les traitements, le test de Fisher au seuil de 5 % a été utilisé pour les classer en groupes homogènes. Des analyses de corrélation de Pearson (**r**) ont été également effectuées pour établir des relations entre les paramètres agromorphologiques. Les liens ont été appréciés au seuil $\alpha = 0,05$ de niveau de confiance.

Chapitre 6 : Evaluation de l'impact des fertilisations minérale et organique sur les paramètres de croissance et de production des plants-pépinière

En Côte d'Ivoire, la forte demande du manioc a conduit à une forte augmentation des surfaces cultivées et à une exploitation prononcée des sols. La culture continue sur les sols provoque une dégradation rapide de leur fertilité qui se traduit par une baisse des rendements agricoles (Feller & Milleville, 1997 ; Traoré *et al.*, 2007). Ainsi, il apparaît opportun de contribuer à l'optimisation de la production du manioc à travers la fertilisation minérale et organique. L'objectif générale de ce chapitre est d'évaluer l'impact de la fertilisation minérale et organique sur huit descripteurs agronomiques des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo. Plus spécifiquement, il s'est agi de (i) évaluer le taux de couverture et la vigueur des plants de manioc ; (ii) de déterminer les caractéristiques physiques des racines tubérisées de manioc ; d'évaluer la productivité des plants issues des miniboutures.

6.1. Matériel

6.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal ayant fait l'objet dans ce chapitre est constitué de plants de manioc Bocou 1 (Figure 22A) et Yavo (Figure 22B) provenant de la pépinière.



Figure 22 : plants de manioc

A- Bocou 1 ; B- Yavo

6.1.2. Formulation des traitements

Au cours de l'étude trois types de fertilisant ont été utilisés à savoir la fiente de poulets (T1), les balles de riz réduites en charbon (T2) et le N P K 10 18 18 (T3). En effet, la combinaison

des substrats aux différents fertilisants a permis d'obtenir au total quarante traitements dont 30 ont été formulés avec les fertilisants et 10 avec le témoin (T0 : sans fertilisant). Les différents traitements obtenus sont consignés dans le tableau VII.

Tableau VII : traitements obtenus à partir de la combinaison des fertilisants et substrats

Fertilisants	Substrats	Traitements
T0	S0	T0S0 (Témoin)
	S1	T0S1
	S2	T0S2
	S3	T0S3
	S4	T0S4
	S5	T0S5
	S6	T0S6
	S7	T0S7
	S8	T0S8
	S9	T0S9
T1	S0	T1S0
	S1	T1S1
	S2	T1S2
	S3	T1S3
	S4	T1S4
	S5	T1S5
	S6	T1S6
	S7	T1S7
	S8	T1S8
	S9	T1S9
T2	S0	T2S0
	S1	T2S1
	S2	T2S2
	S3	T2S3
	S4	T2S4
	S5	T2S5
	S6	T2S6
	S7	T2S7
	S8	T2S8
	S9	T2S9
T3	S0	T3S0
	S1	T3S1
	S2	T3S2
	S3	T3S3
	S4	T3S4
	S5	T3S5
	S6	T3S6
	S7	T3S7
	S8	T3S8
	S9	T3S9

S0 (Témoin) : 100 % terre ; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18) ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18) ; **T0** : Sans fertilisant ; **T1** : Fiente de poulets ; **T2** : Balles de riz réduites en charbon ; **T3** : NPK 10 18 18.

6.2. Méthodes

6.2.1. Mise en place de la parcelle

La mise en place de la parcelle a débuté par la préparation du terrain. Un défrichage d'une parcelle de 2150 m² (50 m de long et 43 m de large) à l'aide de machettes puis un labour à la daba ont été faits. En fait, la préparation du terrain s'est déroulée de février à avril 2019. La seconde a eu lieu pendant les mois de juillet et août 2019. Toutes ces activités ont été menées dans le but de dominer l'enherbement de la parcelle avant le planting.

6.2.2. Dispositif expérimental, piquetage et trouaison

L'essai a été conduit selon un dispositif en blocs de Fisher totalement randomisés. La parcelle a été subdivisée en deux sous parcelles (22 m de large et 43 m de long) distantes de 6 m compte tenu des deux variétés de manioc. Chaque sous parcelle a été subdivisée en trois blocs de 5 m de large et 40 m de long espacés de 3,5 m. Les sous parcelles comportaient chacune quatre parcelles élémentaires constituées d'une parcelle témoin (sans fertilisant) et de trois autres avec de la fiente de poulets en purin, des balles de riz réduites en charbon et du NPK 10 18 18. La superficie d'une parcelle élémentaire était de 5 m² c'est-à-dire 5 m de long et 1 m de large soit dix plants issus chacun des différents substrats de la pépinière. Les parcelles élémentaires ont été espacées de 1 m (Figure 23).

- Après le défrichage et le labour, à l'aide des morceaux de bois, la parcelle a été piquetée suivant le dispositif expérimental ci-dessous pour marquer les points de plantation. Ensuite, la trouaison a consisté à faire des trous à la dimension des sachets de culture au niveau des points de plantation (piquet). Elle a été faite à l'aide d'une piquasse (Figure 24A) et d'un mètre pour mesurer la profondeur (15 cm) (Figure 24B) et la largeur des trous (10 cm) (Figure 24C).

6.2.3. Planting

Les plants issus des miniboutures ont été repiqués en champ après 6 semaines de pépinière. Le repiquage a eu lieu durant la saison sèche, avec arrosage. Pour notre expérimentation, le planting s'est déroulée dans la matinée (6 heures à 8 heures) puis dans l'après-midi de 16 heures 30 minutes à 19 heures. Au cours du repiquage les plants vigoureux apparemment indemnes de maladies ont été sélectionnés. En outre, certains plants ont été réservés pour remplacer ceux qui ne survivront pas. Les opérations suivantes ont été menées afin d'assurer la bonne reprise des plants : (i) le respect des heures de planting c'est à dire les heures

fraîches de la journée (avant 10 heures et après 16 heures) ont été choisies ; (ii) le sachet bien tenu à la main a été ensuite fendu à l'aide d'une paire de ciseaux ou à la machette (Figure 25A) et délicatement enlevé pour éviter de blesser ou abîmer les plants sans détruire le substrat (Figure 25B et 25C) ; (iii) la motte (substrat) contenant les plantules a été placée verticalement dans les trous de plantation correspondant aux différents traitements et variétés de manioc jusqu'au niveau du collet des plants à raison d'un plant par trou (Figure 25D) ; (iv) la motte de terre a été ramenée autour du pied, en tassant au fur et à mesure jusqu'à ce que le trou soit complètement bouché.(Figure 25E) ; (v) les plants ont été immédiatement arrosés pour éviter qu'ils se fanent (Figure 25F).

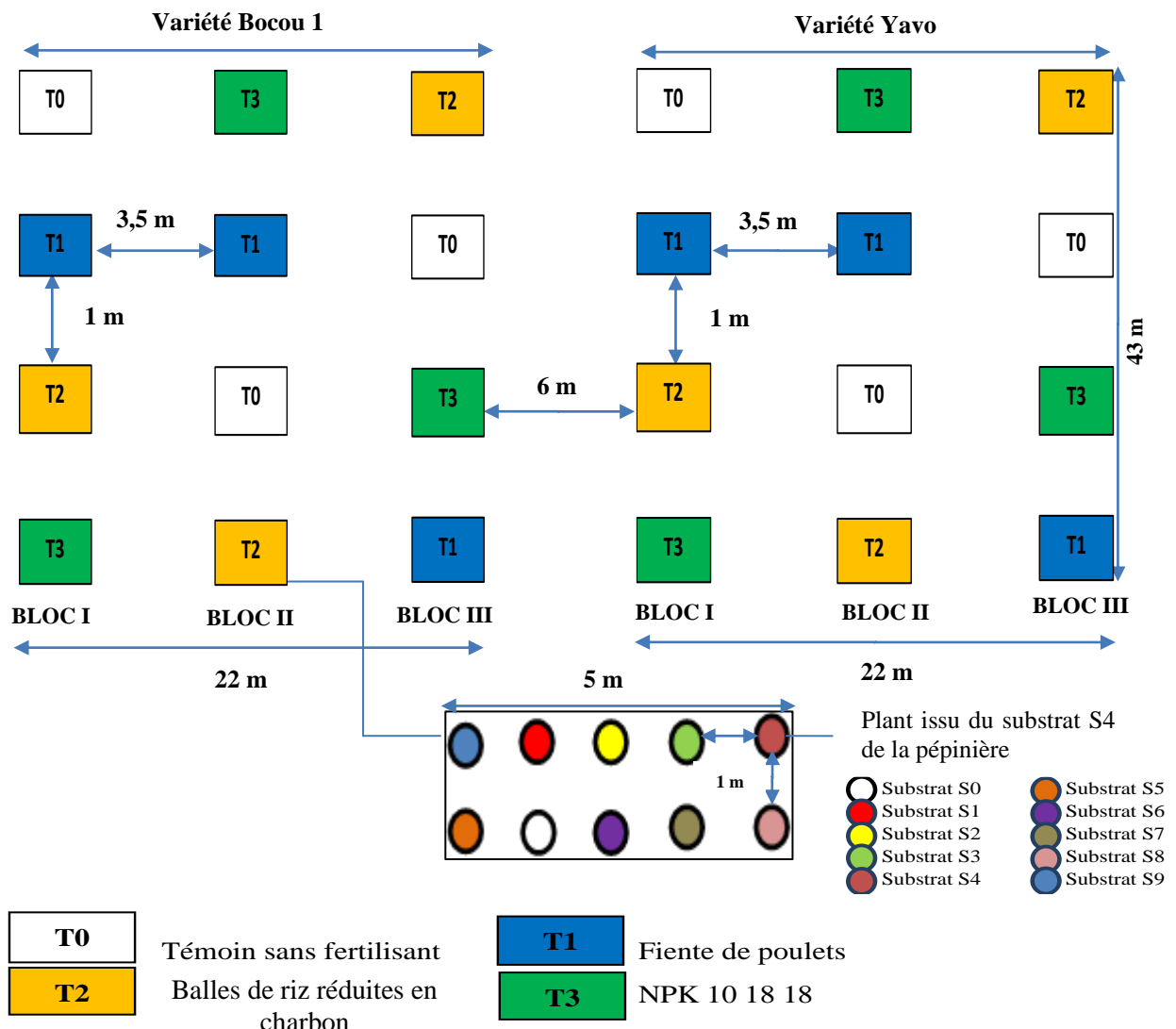


Figure 23 : dispositif en blocs de Fisher complètement randomisés des parcelles et sous parcelles de culture des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo

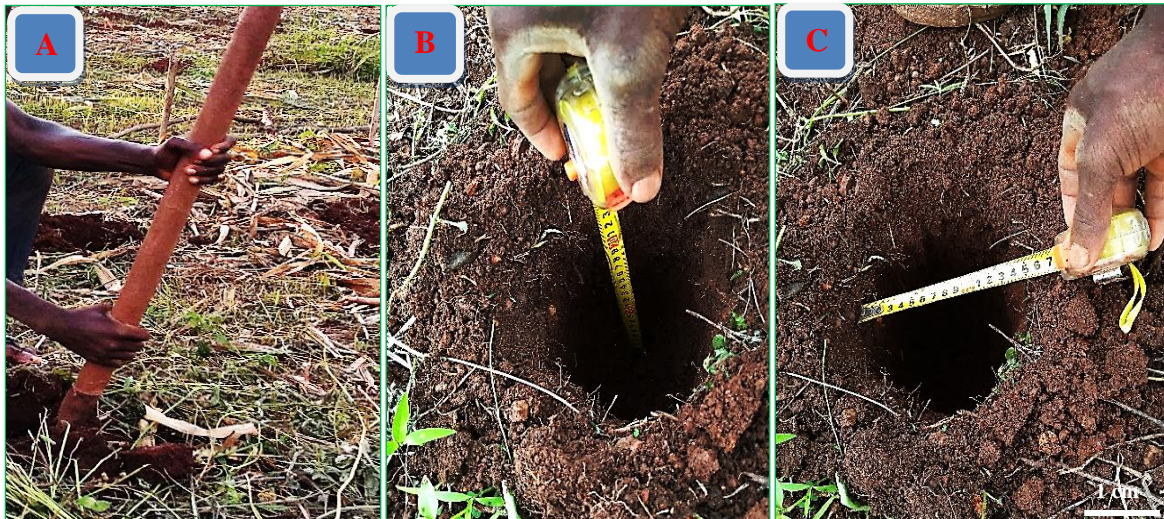


Figure 24 : réalisation des trous de repiquage des plants de manioc

A : trouaison à l'aide d'une piquasse ; B : mesure de la profondeur du trou ; C : mesure de la largeur du trou



Figure 25 : planting des plants-pépinière de manioc en champ

A : fente du sachet pépinière ; B : sachet partiellement enlevé ; C : sachet pépinière totalement enlevé ; D : dépôt du plant de manioc dans le trou ; E : fermeture du trou ; F : arrosage du plant de manioc

6.2.4. Entretien et fertilisation de la plantation

L'entretien de la plantation a concerné entre autres le désherbage, le remplacement des pieds manquants et la protection de la culture.

- Le désherbage a consisté à un sarclage manuel de la parcelle à l'aide de dabas. Au cours de cette opération, le sol a été ramené autour des pieds de manioc sous forme de butte pour maintenir l'humidité nécessaire à la survie de la plante. Pour cette étude, quatre sarclages ont été effectués durant la première année et deux autres la deuxième année de culture afin de limiter la croissance des mauvaises herbes (Figure 26).



Figure 26 : désherbage manuel de la plantation de manioc

A : parcelle en cours de sarclage ; B : bloc de parcelle sarclé

- Le remplacement des plants morts est intervenu 21 jours après le planting c'est-à-dire le 16 novembre 2019 de 16 heures à 18 heures.

- La protection de la culture a consisté dans un premier temps à l'utilisation des plants sains et vigoureux ayant séjourné en pépinière pendant 6 semaines. Ensuite, deux lignes de barbelés ont été tissées autour de la parcelle pour éviter toute traversée de troupeaux de bœufs ou d'hommes. En outre, ces lignes ont été renforcées par une ligne de plants de bananiers (brise-vent) pour amoindrir les fortes tempêtes qui pourraient traverser la parcelle.

- La détermination de la quantité de NPK apportée est faite en tenant compte de la dose moyenne de NPK 10 18 18 (300 Kg/ha) et celle des fumures organiques et de balles de riz réduites en charbon (10 t/ha) apportées par les producteurs en plein champ. La prise en compte de ces valeurs a permis de calculer la quantité de NPK, de fiente de poulets et de balles de riz réduites en charbon apportée par plant/ha en fonction de la densité de plantation suivant la formule ci-dessous. Les différents traitements ont été définis à partir de ces valeurs (Tableau VIII).

$$QU = NP/ha / DC$$

5

QU : Quantité utilisée ; NP/ha : Nombre de plants/hectare ; DC : Dose conseillée

Tableau VIII : doses de NPK, de fiente de poulets et de balles de riz réduites en charbon apportées

Fertilisants	Dose (t/ha) conseillée	Quantité de fertilisants utilisée (kg)	Quantité (kg/plant)
Fiente de poulets (T1)	10	300	1 kg
Balles de riz réduites en charbon (T2)	10	300	1 kg
NPK 10 18 18 (T3)	0,3	9	30 g

- La fertilisation de la plantation a consisté à faire un sillon de 5 cm de profondeur sous forme de cercle de 20 cm de diamètre à l'aide d'une petite houe de sarclage à la base des plants. Ensuite, la quantité conseillée du fertilisant a été épandue dans le sillon puis recouverte de terre (Figure 27). L'épandage des fertilisants a été échelonné sur trois périodes du cycle végétatif des variétés étudiées après la plantation avec arrosage comme suit : (i) le premier apport a eu lieu 6 semaines après la plantation. A cet effet, le tiers de la quantité totale requise a été appliquée en utilisant des quantités calculées à partir des doses apportées par plant à l'hectare ; (ii) la deuxième dose a été appliquée 12 semaines après la plantation avec la même quantité par plant et par variété ; (iii) le dernier apport est intervenu à 20 semaines après la plantation. Par ailleurs, l'engrais minéral (NPK) et les balles de riz réduites en charbon ont été apportés sous forme solide à la même dose et selon les mêmes périodes d'application. Quant à la fiente de poulets, elle a été apportée sous forme de purin (liquide). Les fréquences et les doses d'application des fertilisants sont indiqués dans le tableau IX.

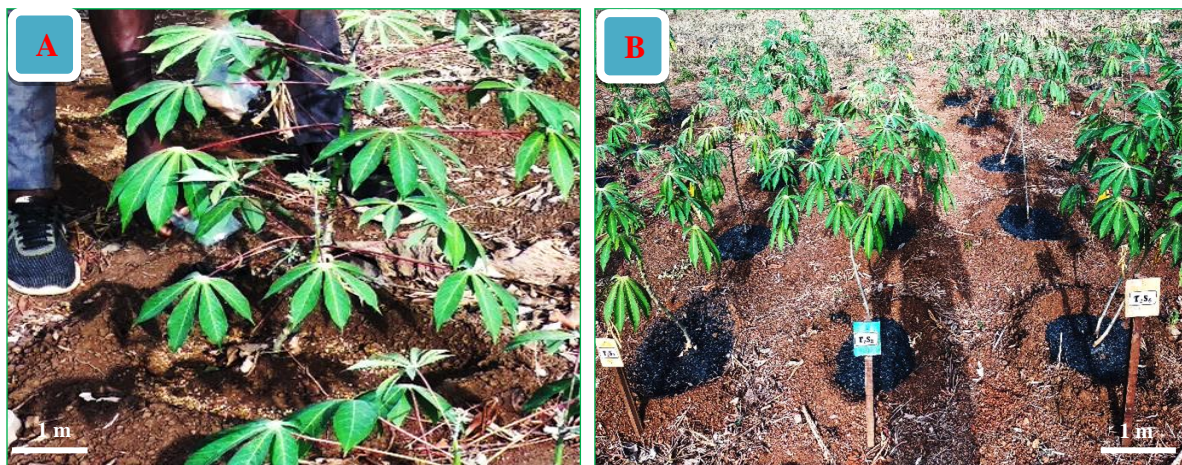


Figure 27 : épandage des fertilisants

A : épandage de l'engrais NPK 10 18 18 autour d'un plant de manioc ; B : balles de riz réduites en charbon épandues autour des plants

Tableau IX : programme et quantité de fertilisants apportées aux plants de manioc

Traitements	Fréquences d'application des fertilisants		
	6 semaines	12 semaines	20 semaines
T0	0	0	0
T1	333	333	333
T2	333	333	333
T3	10	10	10

T0 : Témoin ; *T1* : Fiente de poulets ; *T2* : Balles de riz réduites en charbon ; *T3* : NPK 10 18 18

6.2.5. Récolte

La récolte a été faite manuellement. Elle a consisté à couper à l'aide d'une machette les tiges de manioc à 25 centimètres au-dessus du sol puis à tirer avec modération la souche pour éviter d'abîmer les racines tubéreuses (communément appelées "racines tubérisées"). Les opérations menées sont décrites en annexe 4.

6.2.6. Evaluation des paramètres agronomiques des plants de Bocou 1 et Yavo en champ

Les paramètres agronomiques mesurés ont concerné les paramètres de croissance et de production.

S'agissant des paramètres de croissance, quatre caractères ont été mesurés tels que le diamètre moyen, la hauteur moyenne, le nombre de ramification et de gourmand.

- Le diamètre de la tige des plants a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse 8 mois après plantation. Le diamètre moyen a été obtenu en divisant la somme des diamètres par le nombre total de plants par traitements.

$$\text{Dm (cm)} = \sum \text{cfc} / \text{NP}_t \quad \textcircled{6}$$

Dm : diamètre moyen ; $\sum \text{cfc}$ = somme des circonférences des tiges ; **NP_t** : nombre de plants par traitement

- A huit mois après plantation, la hauteur des plants a été mesurée à l'aide d'un mètre du collet à l'apex de la tige principale. La hauteur moyenne (Hmp) des plants, déterminée, est égale à la somme des hauteurs de tous les plants (ΣHp) d'un traitement divisé par le nombre total de plants (**Np**) de ce substrat par variété (Al-Maskri *et al.*, 2003).

$$\text{Hmp (cm)} = \Sigma\text{Hp} / \text{Np} \quad \textcircled{7}$$

Hmp : hauteur moyenne ; ΣHp : somme des hauteurs de tous les plants ; **Np** : nombre total de plants.

- Le nombre moyen de ramifications a été compté par plant à 08 mois après plantation en fonction des traitements et par variété.

- Le nombre de gourmands ou de tiges secondaires a été compté par plant jusqu'à 08 mois après plantation par variété en fonction des traitements car au-delà de cette période l'accès aux plants devient très difficile surtout avec la variété Bocou 1 avec une forte ramification.

En ce qui concerne les composantes du rendement, les observations ont porté sur les racines tubéreuses des plants âgés de huit mois pendant la récolte. Les descripteurs des racines tubéreuses qui ont fait l'objet d'étude ont concerné cinq caractères physiques tels que le diamètre moyen, la longueur moyenne, le nombre moyen de racines tubérisées, la masse moyenne et le rendement frais en racines tubérisées des plants.

- Le diamètre des racines tubérisées a été obtenu à l'aide d'un pied à coulisse (Annexe 5B). En effet, il a consisté à retenir le diamètre le plus grand le long du tubercule. Le diamètre moyen (Dm) des racines tubérisées par plant a été ensuite déterminé en divisant la somme des circonférences obtenues par le nombre de racines tubérisées par plant.

- La mesure de la longueur des racines tubérisées par plant (LTp) a été faite d'un bout à l'autre de chaque racine tubérisée à l'aide d'un ruban mètre (Annexe 5A). Ainsi, les valeurs obtenues ont permis de calculer la longueur moyenne des racines tubéreuses (LMRTp) selon la formule ci-dessous.

$$\text{LMRTp (cm)} = \sum \text{LTp} / \text{NTp}$$

8

LMRTp : longueur moyenne des racines tubéreuses ; $\sum \text{LTp}$: somme des longueurs des racines tubéreuses ; **NTp** : nombre total de tubercule par plant.

- Le nombre de racines tubérisées par plant a été simplement évalué en comptant les racines tubérisées par plant par traitements selon les variétés étudiées.

- La masse moyenne (Mm) des racines tubérisées d'un plant a été obtenu en pesant individuellement avec une balance Roberval les racines tubérisées de chaque pied de manioc par variété en fonction des traitements (Annexe 5C). Il a été déterminé par la somme des masses des racines tubérisées par plant ($\sum \text{MRTp}$) divisée par le nombre total de racines tubérisées par plant (NTp). La masse moyenne de racines tubéreuses par plant (MmRTp) est exprimé en kilogrammes (kg).

$$\text{MmRTp (kg)} = \sum \text{MRTp} / \text{NTp}$$

9

MmRTp : masse moyenne de racines tubéreuses par plant ; $\sum \text{MRTp}$: somme de la masse des racines tubérisées par plant ; **NTp** : nombre total de racines tubérisées par plant.

- Le nombre de racines tubérisées par plant et la masse de racines tubérisées par plant ont permis de calculer le rendement frais à l'hectare de chaque variété de manioc. Le rendement frais à l'hectare a été déterminé par le produit de la masse moyenne (kg) des racines tubérisées (MmRT) par le nombre moyen de racines tubéreuses par plant (NMRT) et le nombre de plants par hectare (NP/ha). La masse moyenne d'une racine tubéreuse (Mm1RT) étant exprimé en kilogrammes, le rendement frais (kg/ha) sera converti en t/ha par le facteur 10^{-6} (Kouadio *et al.*, 2014) (Annexe 6).

$$\text{Rendement frais manioc (t/ha)} = (\text{MmRT}) \times (\text{NMRT}) \times (\text{NP/ha}) \times 10^{-6}$$

10

MmRT : masse moyenne d'une racine tubéreuse ; **NMRT** : nombre moyen de racines tubéreuses par plant ; **NP/ha** : nombre de plants par hectare.

6.2.7. Exploitation économique des fertilisants testés pour la culture

L'évaluation économique a consisté à l'établissement des coûts de la production, de la marge bénéficiaire brute et de la rentabilité financière pour chaque traitement.

Pour l'établissement des coûts de production, une main d'œuvre a été engagée pour assurer les travaux de mise en place, d'entretien mensuel, et de la récolte. Les dépenses pour l'achat des intrants et du matériel, ont été également enregistrées (Annexe 8). A cet effet, pour un hectare, le coût de production du manioc en fonction des fertilisants appliqués est obtenu par la formule suivante :

$$\text{CP (FCFA)} = \text{CPT} + \text{CMO} + \text{CI} + \text{A}$$

11

CP : coût de production ; **CPT** : coût de préparation du terrain ; **CMO** : coût de main d'œuvre ; **CI** : coût des intrants ; **A** : amortissement

Le produit d'exploitation (recette) a été obtenu en multipliant le rendement frais en tubercule de manioc par le prix de vente. Pour chaque traitement, le bénéfice net (BN) a été obtenue par la différence entre la recette (RE) et le coût de production (CP). Le prix de vente bord champ du kilogramme de manioc chez les producteurs pendant ces cinq dernières années a été de 380 FCFA (OCPV, 2021).

$$\text{BN (FCFA)} = \text{RE} - \text{CP}$$

12

6.3. Analyses statistiques

Les données collectées ont été soumises à des tests statistiques à l'aide du logiciel XSL STAT 2019. Une analyse de variance ANOVA un facteur a permis d'une part d'évaluer l'effet des

fertilisants sur les paramètres agromorphologiques des plants et les caractéristiques des racines tubéreuses récoltées. D'autre part, une analyse de variance de deux facteurs a également permis d'évaluer l'effet des traitements et des variétés sur les paramètres agromorphologiques des plants et les caractéristiques des racines tubéreuses récoltées. En cas de différence significative entre les traitements, le test LSD de Fisher au seuil de 5 % a été utilisé pour les classer en groupes homogènes. Par ailleurs, une classification hiérarchique a servi à sélectionner les différents traitements fertilisants pour lesquels les plants ont présenté les meilleures caractéristiques agronomiques.

Des tests de corrélation de Pearson (r) ont été également effectués pour établir des relations entre les paramètres agro morphologiques. Les corrélations positives ou négatives indiquent, respectivement, une variation de même sens ou de sens opposé, avec une intensité similaire de deux variables. Les liens ont été appréciés au seuil de $\alpha = 0,05$ de niveau de confiance.

TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Chapitre 7 : Caractérisation des paramètres physiques et chimiques du sol du site expérimental et des fertilisants organiques

Les résultats ci-dessous sont relatifs aux caractéristiques physiques et chimiques du sol d'une part et d'autre part les caractéristiques des fertilisants apportés aux plants de manioc.

7.1. Résultats

7.1.1. Variation granulométrique du sol

Le tableau X est relatif à la granulométrie du sol du site expérimental avant et après fertilisation. L'analyse du tableau révèle que le sol prélevé après la plantation du manioc est plus riche en argile (22 %) par rapport au sol prélevé avant plantation (19 %). Par contre, le sol prélevé avant la mise en place de la culture est plus riche en limon (24,45 %) et en sable (54,11 %) comparativement au sol prélevé après plantation avec 53,54 % de sable et 21,5 % de limon. Cependant, l'analyse de variances des moyennes a révélé une différence significative entre les échantillons de sol analysés.

Tableau X : composition granulométrique du sol du site expérimental avant et après plantation

Echantillons de sol	Composition granulométrique (%)		
	Argile	Limon	Sable
SAV	19 ± 1,00 ^a	24,45 ± 1,02 ^a	54,11 ± 0,11 ^a
SAP	22 ± 1,00 ^b	21,50 ± 1,20 ^b	53,54 ± 0,21 ^a
P-value	0,1	0,6	0,17

Dans une colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ; celles suivies de la même lettre sont significativement identiques d'après le test Kruskal-Wallis au seuil $\alpha = 0.05$. SAV : Sol prélevé avant plantation ; SAP : Sol prélevé après plantation

7.1.2. Variation chimique du sol avant et après plantation

Le tableau XI est présente la capacité d'échange cationique et les bases échangeables dans les échantillons de sols prélevés avant et après la mise en place de l'essai. Ces échantillons de sol présentent la même capacité d'échange cationique (11,6 Cmol/kg). Le sol prélevé avant (SAV) l'application des fertilisants est pauvre en bases échangeables notamment en magnésium (Mg^{2+}), en potassium (K^+) et en sodium (Na^+) respectivement 0,701 Cmol/kg ; 0,083 Cmol/kg et 0,095 Cmol/kg (Figure 33A). Par contre, l'échantillon de sol prélevé après la plantation (SAP) contient les mêmes cations mais en proportions plus élevées. Ce sont le

Mg²⁺ (0,742 Cmol/kg, le K⁺ (0,124 Cmol/kg et le Na⁺ (0,102 Cmol/kg) (Tableau XI). Quant au calcium (Ca²⁺), les deux échantillons de sol ont enregistré des valeurs sensiblement égales mais celle du sol après la mise en place de la plantation est faible (SAV = 1,177 Cmol/kg ; SAP = 0,118 Cmol/kg). Il convient de retenir que le sol du site expérimental est pauvre en bases échangeables avec une faible capacité d'échange cationique (11,6).

Les résultats montrent que le SAP et le SAV présentent un pH eau respectivement 5,7 et 5,9 qui est moyennement acide (Tableau XI). La teneur en phosphore du SAV (117 g/kg) est plus élevée que celle du SAP (102 g/kg) (Tableau XI). Toutefois le sol du site expérimental a été appauvri en phosphore avec un pH moyennement acide propice à la culture du manioc.

La teneur en carbone, azote total, matière organique et le rapport C/N du sol du site expérimental sont consignés dans le tableau XI. En ce qui concerne le carbone, le SAP est plus riche en carbone (1,72 %) que le SAV (1,42 %). La teneur en azote total du SAP est plus élevée (0,12 %) que dans le SAV (0,11%). Au niveau du rapport C/N, le SAP présente un rapport C/N (13,96 %) supérieur au SAV (12,68 %). Le SAP est plus riche en matière organique (2,96 %) que le SAV (2,44 %). Il ressort de cette analyse que le SAV (sol prélevé après plantation) a été enrichi en carbone, en azote total, et en matière organique avec un rapport C/N plus élevé que le SAP (sol prélevé après la mise en place de la culture).

Tableau XI : caractéristiques physicochimiques du sol avant et après la culture du manioc

Eléments physico-chimiques	Echantillons de sol	
	SAV	SAP
C	1,42 ± 0,02 ^a	1,72 ± 0,10 ^a
Nt	0,11 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,00 ^a
C/N	12,68 ± 0,01 ^a	13,96 ± 0,02 ^a
K+	0,08 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,00 ^b
P. assimilable	117 ± 1,00 ^b	102 ± 3,00 ^a
Mg ²⁺	0,70 ± 0,00 ^a	0,74 ± 0,00 ^a
Na+	0,09 ± 0,00 ^a	0,39 ± 0,51 ^b
CEC	11,60 ± 0,10 ^a	11,60 ± 0,20 ^a
M.O	2,44 ± 0,00 ^a	2,95 ± 0,00 ^a
pH eau	5,9 ± 0,10 ^a	5,7 ± 0,10 ^a
P-value	0,0001	0,0001

Sur une ligne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ; celles suivies de mêmes lettres sont significativement identiques d'après le test Kruskal-Wallis au seuil $\alpha = 0.05$. C : Carbone ; CEC : capacité d'échange cationique C/N : rapport carbone-azote ; K : potassium ; Mg : magnésium ; M.O : matière organique ; N : azote ; Na : sodium ; Nt : Azote total ; P : phosphore ; pH : potential d'hydrogène ; SAP : sol prélevé après plantation ; SAV : sol prélevé avant plantation.

7.1.3. Variabilité des composants chimiques des fertilisants organiques

La caractérisation chimique effectuée montre une variabilité au niveau de la composition chimique des fertilisants organiques utilisés (Tableau XII). Concernant le pH eau, la sciure de bois présente un pH eau légèrement alcalin (7,4) alors que le pH eau de la fiente de poulets (6,9) et des balles de riz réduites en charbon (6,2) est moyennement acide. Pour la teneur en carbone (C), les balles de riz réduites en charbon sont plus riches en carbone (27,96 %) tandis que la fiente de poulets et la sciure de bois sont pauvres en carbone avec les valeurs respectives 20,14 % et 23,95 %. Cependant, la teneur en carbone de la sciure de bois reste supérieure à celle de la fiente de poulets. Quant à la teneur en azote, la fiente de poulets en est plus riche (1,34 %) alors que les balles de riz réduites en charbon (0,42 %) et la sciure de bois (0,56 %) sont pauvres en azote. Au niveau de la teneur en phosphore, la fiente de poulets présente une teneur en phosphore (0,45 %) plus élevée que la sciure de bois (0,25 %) et les balles de riz réduites en charbon (0,34 %). Pour la teneur en potassium, la sciure de bois (1,09 %) est moins riche en potassium que les balles de riz réduites en charbon (1,51 %) et plus riche que la fiente de poulets (0,95 %). La teneur en calcium des balles de riz réduites en charbon (3,69 %) est plus élevée que la fiente de poulet (1,02 %) et la sciure de bois (0,85 %). Les balles de riz réduites en charbon sont pauvres en magnésium (0,31 %) que la fiente de poulets (0,31 %) et la sciure de bois (0,32%). L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les éléments chimiques pour l'ensemble des fertilisants analysés ($P < 0,05$). Il ressort de cette analyse que la sciure de bois et les balles de riz réduites en charbon surtout sont très riches en carbone, en potassium et calcium.

Tableau XII : caractéristiques chimiques des fertilisants organiques

Eléments physicochimiques	BRC	FP	SB
C	27,95 ± 0,01 ^a	20,13 ± 0,04 ^a	23,95 ± 0,04 ^a
Ca	3,69 ± 0,00 ^{bc}	0,85 ± 0,00 ^{bcd}	1,02 ± 0,00 ^{abcd}
K	1,51 ± 0,00 ^{abc}	0,95 ± 0,00 ^{abcd}	1,09 ± 0,00 ^{abc}
Mg	0,31 ± 0,00 ^c	0,31 ± 0,00 ^d	0,32 ± 0,00 ^{cd}
N	0,42 ± 0,02 ^{bc}	1,34 ± 0,01 ^{bcd}	0,56 ± 0,03 ^{abc}
P	0,34 ± 0,03 ^c	0,45 ± 0,01 ^{cd}	0,24 ± 0,03 ^d
pH eau	6,20 ± 0,10 ^{ab}	6,90 ± 0,40 ^{ab}	7,40 ± 0,40 ^{ab}
P-value	0,004	0,003	0,003

Dans une colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ; celles suivies de la même lettre sont significativement identiques, d'après le test Kruskal-Wallis au seuil $\alpha = 0.05$. P : Probabilité ; BRC : balles de riz réduites en charbon ; C : carbone ; Ca : calcium ; FP : fiente de poulets ; K : potassium ; Mg : magnésium ; N : azote ; Na : sodium ; P : phosphore ; pH : potentiel d'hydrogène ; SB : sciure de bois

7.2. Discussion

Les résultats de l'analyse de la composition granulométrique initiale et finale du sol du site d'expérimentation ont révélé une différence significative entre les échantillons de sols analysés. Les proportions de sable et de limon dans l'échantillon de sol prélevé après l'essai ont diminué respectivement de 2,95 % et 0,57 % alors que celle de l'argile a augmenté de 3 %. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que les différents fertilisants organiques apportés au sol ont modifié la texture du sol passant d'une texture sablo-limono-argileuse à une texture sablo-argilo-limoneuse propice à la culture du manioc. En effet, au cours de la minéralisation de la fiente de poulets, des balles de riz réduites en charbon et de la sciure de bois apportées aux plants de, l'humus produit s'associe aux colloïdes argileux dispersés dans la solution du sol. Cette association favoriserait ainsi la formation du complexe argilo-humique ; traduisant ainsi l'augmentation de la proportion de l'argile dans le sol après l'expérimentation. Par ailleurs, la liaison intime entre la matière organique et l'argile contribue également à la formation d'agrégats stables et donc de macroporosité. En effet, cette macroporosité est synonyme d'une structure favorable au bon enracinement et fonctionnement racinaire des plants de manioc ainsi qu'à la bonne infiltration et au drainage de l'eau dans le sol. Ce qui est en accord avec les travaux de Daujat *et al.* (2015). Selon ces auteurs les matières organiques apportées au sol améliorent sa structure et augmentent la capacité du complexe argilo-humique à stocker les éléments nutritifs. Cette texture observée dispose le site expérimental à une forte productivité du manioc comme le témoigne les travaux de l'IITA (1990) qui a confirmé que le manioc se développe mieux sur un sol limoneux (meubles sablo-argileux ou argilo-sablonneux). Par ailleurs, le sol du site expérimental est relativement pauvre en bases échangeables. Les résultats d'analyse de sol avant la plantation ont montré qu'il est pauvre en azote total (0,11 %), en carbone (1,42 %), en bases échangeables (Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Ca^{2+}) avec une capacité d'échange cationique faible (11,6), par rapport à la norme de référence d'interprétation d'analyse du sol (Saragoni *et al.*, 1992 ; Akanza *et al.*, 2002). En effet, cette faible teneur en ces éléments minéraux pourrait être associée à la texture sableuse comme l'ont montré Délaunois *et al.* (2008) au cours de leurs travaux sur la description et l'évaluation de la fertilité des sols. En revanche, la hausse de ces éléments minéraux au niveau du sol expérimental après la récolte du manioc pourrait être due aux fertilisants organiques apportés au sol. Ce qui a notamment contribué à l'enrichissement du sol. Ces résultats sont semblables à ceux d'Azontonde (1993) qui a montré que l'apport de fumier enrichit les sols ferrallitiques faiblement désaturés argilo-

sableux au Bénin, en matière organique sur les vingt premiers centimètres. En outre, selon cet auteur, l'apport du fumier réduit aussi l'érosion, probablement à cause de la présence du complexe organo-minéral qui stabilise et protège le sol contre la battance et entretient l'humidité du sol. De même, selon le FAO (2013), les déjections animales et le compost sont de bonnes sources de matière organique, qui améliorent la structure du sol, renforcent les capacités de rétention d'eau et d'échange cationique, apportent des micronutriments et favorisent l'activité souterraine des lombrics, des bactéries et des champignons. Quant au potassium, il convient de souligner qu'il est d'une importance particulière pour le manioc car il détermine la régulation, l'absorption de l'eau et la circulation des hydrates de carbone. Dans notre cas, il y a cependant une hausse générale de la teneur en potassium dans le sol après analyse. Ces mêmes observations ont été faites par Konkole (2011) lors de ces travaux sur l'étude des effets de la production irriguée du manioc (*Manihot esculenta* Crantz.) sur la fertilité des sols : cas des périmètres irrigués de Bon, de Savili et de Tanghin Wobdo. Par ailleurs, les fortes teneurs en phosphore assimilable révèlent que le sol du site d'étude est très riche en phosphore (117 g/kg). Cependant, les résultats des analyses de sols pour le second prélèvement indiquent une baisse de la teneur en phosphore (102 g/kg) au niveau du sol du site d'étude. Ces résultats seraient dus à une forte sollicitation du phosphore par les plants de manioc due au développement de leur système racinaire, la formation des racines tubérisées et des graines. Ce qui est en accord avec les travaux de Sylvestre (1987) et l'IITA (1990). Les résultats de l'analyse du sol ont montré que le rapport C/N du sol du site d'étude avant la culture du manioc est moyen (12,68). Cette valeur signifierait que la matière organique est moyennement décomposée. Ces résultats sont en conformité avec les travaux de Wild *et al.* (2008) puis de Gentsch *et al.* (2015). L'étude également révélée que le sol du site expérimental a un pourcentage de matière organique moyenne (2,95 %) par rapport à la norme, qui doit être compris entre 1 et 5 %. En effet, cette petite quantité de matière organique, dont le carbone organique constitue à peu près la moitié, est très importante pour le fonctionnement du sol et de l'écosystème tout entier (Marsden, 2018). En outre, la matière organique joue un rôle physique dans le sol pour la cohésion, la structure, la porosité, la rétention ou le stockage de l'eau puis un rôle biologique dans la stimulation de l'activité biologique (vers de terre, la biomasse microbienne). Ce qui est en conformité avec les travaux de Hubert & Schaub (2011) sur la fertilisation des sols. Ces auteurs ont montré que la matière organique joue un rôle chimique dans la nutrition des plantes à travers des actions de dégradation et de minéralisation. Concernant le pH, la valeur observée au niveau du champ expérimental avant la mise en place de la culture est faible ; ce qui pourrait s'expliquer par la faible présence des

éléments minéraux dans le sol du site d'étude. Ces résultats corroborent les travaux de Lakhthar *et al.* (2009). Ces auteurs ont montré que les pH acides affectent la disponibilité des éléments minéraux du sol. L'étude a aussi montré que le pH obtenu au niveau du sol prélevé après l'expérimentation est légèrement inférieur à celui du premier prélèvement. En effet, cette baisse du pH s'expliquerait par la richesse en éléments minéraux tels que le calcium, le potassium et le magnésium contenus dans les différents fertilisants apportés au sol au cours de l'expérimentation. Cependant, quelle est la composition chimique des fertilisants organiques appliqués ? La caractérisation des différents fertilisants de cette étude a révélé que les balles de riz réduites en charbon sont riches en macroéléments (N, P, K) et oligoéléments (Ca, Mg). Ces résultats sont en adéquation avec ceux d'Alla (2020), obtenus lors de ses travaux sur les effets de la fertilisation à base de fiente de poulets et de pelure de banane sur les paramètres agromorphologiques et biochimiques des aubergines Kalenda et N'Drowa. Il a montré que la potasse de pelure de banane plantain est riche en éléments minéraux primaires tels que le potassium et le phosphore et en constituants secondaire comme le calcium et le magnésium. De même, ces résultats sont conformes avec les travaux de Biego *et al.* (2010) qui ont démontré que les cendres des sous-produits de banane plantain sont d'importantes sources d'éléments minéraux notamment le potassium, le phosphore et le calcium. Ces résultats confortent également les travaux de Niebi *et al.* (2016) sur l'extraction de la potasse à partir de la hampe du bananier plantain. Par ailleurs, l'étude a montré que les teneurs en azote et en phosphore dans la fiente de poulets sont nettement plus élevées que dans la sciure de bois riche en potassium et en microéléments (calcium et magnésium). Cependant, la connaissance du pH des fertilisants organiques appliqués au sol s'avère nécessaire. De plus, l'étude a aussi révélé que les pH eau des balles de riz réduites en charbon et fiente de poulets respectivement 6,2 et 6,9 sont moyennement acides et nettement meilleurs que le pH eau du sol (5,9) avant la culture du manioc. Ce pH du sol revêt une importance capitale en matière d'utilisation des sols, car le pH est à la fois un bon indicateur de l'acidité et de la fertilité du sol (Staff *et al.*, 1993 ; Carter & Gregorich, 2006). Ces résultats pourraient également s'expliquer par la composition chimique des fertilisants. En outre, ces pH faiblement acide et alcalin enregistrés respectivement au niveau de la fiente de poulets (6,9) et de la sciure de bois (7,4) pourraient être liés à leur teneur relativement élevée en ammonium et en nitrates. En effet, l'ammonium (N-NH₄) qui, en se dissociant lors du processus de la nitrification, libère des ions H⁺ provoquant ainsi la baisse du pH. Ces mêmes observations ont été faites par Dommergues & Mangenot (1970), selon qui la nitrification est un processus microbien générateur d'acidité.

Par ailleurs, selon Maltas & Sinaj (2013) le pH légèrement basique obtenu au niveau de la sciure est dû à sa teneur relativement élevée en potassium, en calcium et en magnésium.

7.3. Conclusion partielle

Le sol du site d'étude est pauvre en éléments minéraux avec une texture déséquilibrée. Cependant, l'apport des fertilisants a amélioré la texture du sol (sablo-limono-argileuse à sablo-argilo-limoneuse) tout en corrigeant son pH. En outre, cet apport a permis également de maintenir les niveaux des minéraux tels que le calcium et magnésium et d'améliorer la teneur en potassium et sodium du sol. Par ailleurs, le phosphore est très assimilé donc faible dans le sol. Ainsi, un amendement du sol en fertilisants riches en phosphore s'avère nécessaire pour une seconde culture de manioc sur le site expérimental.

Chapitre 8 : Evaluation des performances agromorphologiques de deux variétés de manioc sur divers substrats de pépinière

Le chapitre 8 expose l'ensemble des résultats de l'effet de 10 substrats et leur combinaison sur la régénération et les paramètres agromorphologiques de deux variétés de manioc (Bocou 1 et Yavo) en pépinière pendant 6 semaines.

8.1. Résultats

8.1.1. Effet des substrats sur la régénération des miniboutures de Bocou 1 et Yavo

La figure 28 est relative au délai de régénération des miniboutures déshydratées de deux variétés de manioc Bocou 1 et Yavo en fonction du temps. L'observation de ce graphique montre que le nombre de miniboutures régénérées baisse au fil du temps. Ainsi, un bon nombre de miniboutures déshydratées ont régénéré au 5^e jour au niveau des deux variétés de manioc dont 38 pour la variété Yavo contre 30 pour Bocou 1. Du 10^e au 15^e jour, on constate que le nombre de miniboutures régénérées diminue puis passe de 19 à 6 pour Yavo et de 17 à 4 pour Bocou 1. Par contre, aucun débourrement n'est observé à partir du 20^e jour chez les deux variétés. Il ressort de cette analyse que le délai de régénération des miniboutures déshydratées des variétés Bocou 1 et Yavo se situe entre 5 et 10 jours après plantation.

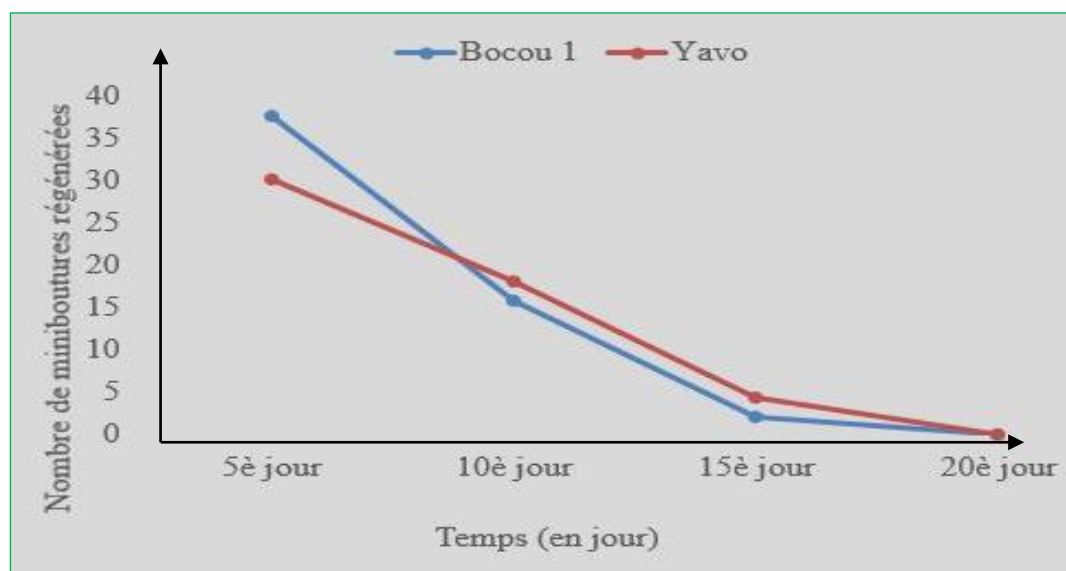


Figure 28 : évolution de la régénération des miniboutures des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo

- Le taux de régénération des miniboutures déshydratées de façon générale élevé et reste variable selon les substrats (Tableau XIII). Chez la variété Bocou 1 quatre substrats (S2, S3,

S4 et S6) stimulent le taux de reprise des miniboutures déshydratées par rapport au témoin (76,77). Le meilleur substrat est S3 (86,5 %). Cependant, les substrats S1, S5, S7, S8 et S9 inhibent la régénération des miniboutures déshydratées. Chez la variété Yavo, six substrats (S1, S2, S3, S4 S6 et S7) améliorent le taux de reprise des miniboutures par rapport au témoin (S0) (68,11 %). Le meilleur substrat est S3 (85,55 %). Par contre, S8 (60,55 %) et S9 (67,77 %) sont les substrats qui ne favorisent pas la bonne reprise des miniboutures de manioc Yavo. L'analyse statistique révèle un effet substrat hautement significatif ($P = 0,000$) sur le taux de reprise des miniboutures déshydratées. Par ailleurs, il faut souligner le substrat S3 (50 % terre + 50 % de balles de riz réduites en charbon) stimule plus la régénération des miniboutures des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo. Cependant, le substrat S8 (50 % terre + 25 % NPK 10 18 18) inhibe la reprise des miniboutures déshydratées des deux variétés de manioc.

Tableau XIII : taux de reprise des miniboutures déshydratées de Bocou 1 et Yavo

Substrats	Taux de reprise des miniboutures (%)	
	Bocou 1	Yavo
S0 (Témoin)	76,77 ^{bc}	68,11 ^{bc}
S1	76,5 ^{bc}	68,88 ^{bc}
S2	80,07 ^{ab}	78,88 ^{ab}
S3	86,5 ^a	85,55 ^a
S4	79,75 ^{bc}	74,99 ^{bc}
S5	73,4 ^{bc}	65,55
S6	83,72 ^{ab}	79,44 ^{ab}
S7	75,93 ^{bc}	70,55 ^{bc}
S8	62,93 ^d	60,55 ^{cd}
S9	63,01 ^d	67,77 ^{bc}
P-value	0,001	0,001

Dans une colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ; celles suivies de la même lettre sont significativement identiques, d'après le test LSD de Fisher au seuil $\alpha = 0,05$. P : Probabilité ; S0 (Témoin) : 100 % terre ; S1 : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; S2 : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; S3 : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; S4 : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; S5 : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; S6 : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; S7 : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; S8 : 50 % terre + 25 % NPK 10 18 18 ; S9 : 50 % terre + 50 % NPK 10 18 18.

8.1.2. Effets des substrats sur les paramètres agromorphologiques des plants de Bocou 1

Les résultats du nombre moyen de feuilles, de tiges et la hauteur moyenne des tiges des plants en fonction des différents types de substrats sont consignés dans le tableau XIV. L'observation du tableau XIV montre que le nombre moyen de feuilles varie de 2,55 à 5,82 d'un traitement à un autre. La moyenne la plus élevée est observée au niveau des traitements S2 et S6 avec les valeurs respectives 5,54 et 5,82 feuilles par rapport au témoin (4,58 feuilles). Les plus faibles nombres moyens de feuilles sont enregistrés au niveau du traitement S8 avec

une moyenne de 2,55 feuilles comparativement au témoin. Quant aux autres substrats, ils ont induit un nombre moyen de feuilles intermédiaires aux substrats S8 et S6. L'analyse statistique révèle un effet substrat hautement significatif ($P = 0,000$) sur le nombre moyen de feuilles. Par conséquent, les substrats S2 (50 % terre + 50 % fiente de poulets) et S6 (50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon) stimulant plus la production de feuilles.

En ce qui concerne le nombre moyen de tiges par plant, l'analyse du tableau XIV indique qu'il varie en fonction des substrats. Ainsi, le plus grand nombre de tiges est observé au niveau du traitement S2 avec une valeur de 1,22 tige contre 1,07 tige pour le témoin. Par contre, le plus faible nombre de tiges est enregistré par le traitement S8 (0,93 tige). Les substrats S4 (1,07 tige), S5 (1,08 tige) et S1 (1,10 tige) ont produit le même nombre de tiges que le témoin d'une part et d'autre part, l'analyse entre les 04 autres traitements c'est-à-dire S6 (1,13 tige) et S7 (1,13 tige) puis S9 (1,02 tige) et S3 (1,04 tige). Dans l'ensemble cette analyse révèle un effet substrat hautement significatif sur le nombre moyen de tiges par plant ($P = 0,000$). Il faut signaler que le substrat S2 (50 % terre + 50 % fiente de poulets) augmente la production des tiges par les miniboutures déshydratées de manioc Bocou 1 (Tableau XIV).

Les résultats de l'effet des substrats sur la hauteur moyenne des plants issus des miniboutures déshydratées sont indiqués dans le tableau XIV. L'observation révèle que la hauteur moyenne la plus élevée est observée au niveau du traitement S6 (10,99 cm) contre 10,46 cm pour le témoin tandis que la plus faible hauteur est enregistrée par le traitement S8 avec une valeur de 2,43 cm. Il convient de souligner qu'il n'existe pas de différence significative concernant la hauteur moyenne des plants au niveau des traitements S7 (6,04 cm) ; S5 (6,23 cm) ; S9 (6,35 cm) et S1 (6,78 cm) (Tableau XIV). Il en est de même pour les traitements S3 (7,43 cm) et S4 (7,65 cm). Le traitement S2 enregistre une hauteur moyenne égale à 9,92 cm relativement proche de celle enregistrée au niveau du traitement S6. L'analyse statistique révèle un effet substrat hautement significatif ($P = 0,000$) sur la hauteur moyenne des plants dans l'ensemble. Il convient de dire que le substrat S6 constitué de 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon favorise plus la production de feuilles et de tiges en stimulant la croissance en hauteur des plants de manioc Bocou 1 en pépinière. Cependant, le substrat S8 à (75 % terre + 25 % NPK 10 18 18) inhibe la production de feuilles, de tiges et la croissance des plants.

Tableau XIV : effet des substrats sur les paramètres de croissance de la variété Bocou 1

Substrats	Nombre moyen de feuilles	Nombre moyen de tiges	Hauteur moyenne des tiges (cm)
S ₈	2,55 ± 0,57 ^{cd}	0,93 ± 0,20 ^d	2,43 ± 0,68 ^e
S ₉	3,65 ± 0,53 ^{bc}	1,02 ± 0,38 ^{cd}	6,35 ± 0,91 ^{cd}
S ₁	3,83 ± 0,62 ^{bc}	1,10 ± 0,58 ^{bc}	6,78 ± 0,92 ^{bc}
S ₇	4,53 ± 0,47 ^{ab}	1,13 ± 0,55 ^{ab}	6,04 ± 0,85 ^{cd}
S ₀ (Témoin)	4,58 ± 0,39 ^{ab}	1,07 ± 0,51 ^{bc}	10,46 ± 0,90 ^a
S ₅	4,64 ± 0,60 ^{ab}	1,08 ± 0,40 ^{bc}	6,23 ± 0,73 ^{cd}
S ₃	4,68 ± 0,48 ^{ab}	1,04 ± 0,64 ^{cd}	7,43 ± 1,1 ^{bc}
S ₄	4,85 ± 0,53 ^{ab}	1,07 ± 0,51 ^{bc}	7,65 ± 0,89 ^{bc}
S ₂	5,54 ± 0,50 ^a	1,22 ± 0,71 ^a	9,92 ± 1,60 ^{ab}
S ₆	5,82 ± 0,41 ^a	1,13 ± 0,71 ^{ab}	10,99 ± 1,22 ^a
P-value	0,000	0,000	0,000

Dans une colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ; celles suivies de la même lettre sont significativement identiques, d'après le test LSD de Fisher au seuil $\alpha = 0,05$. P : Probabilité ; S₀ (Témoin) : 100 % terre ; S₁ : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; S₂ : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; S₃ : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; S₄ : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; S₅ : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; S₆ : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; S₇ : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; S₈ : 50 % terre + 25 % NPK 10 18 18 ; S₉ : 50 % terre + 50 % NPK 10 18 18.

8.1.3. Effets des substrats sur les paramètres agromorphologiques des plants de Yavo

Les résultats du nombre moyen de feuilles, de tiges et la hauteur moyenne des plants en fonction des différents types de substrats (traitement) sont consignés dans le tableau XV. Il ressort de cette étude que les nombres moyens de feuilles par plant varient de 6,98 à 10,71 feuilles d'un traitement à un autre. Les moyennes les plus élevées sont observées au niveau des traitements S₃, S₅, S₄ et S₆ respectivement 9,23 ; 9,43 ; 9,71 et 10,71 feuilles par rapport au témoin (8,61 feuilles). Par contre, le plus faible nombre moyen de feuilles est enregistré au niveau du traitement S₈ (6,98 feuilles). Les substrats (S₉, S₇, S₂) ont induit un nombre moyen de feuilles statistiquement égal mais inférieur à celui du témoin (Tableau XV). L'analyse révèle un effet substrat hautement significatif sur le nombre moyen de feuilles (P = 0,000). Il convient de mentionner que le substrats S₆ (50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon) stimule plus la production des feuilles de la variété Yavo.

Concernant le nombre moyen de tiges par plant, il varie en fonction des substrats. Le plus grand nombre de tiges est observé au niveau du traitement S₅ avec une valeur de 2,44 tiges contre 2,17 tiges pour le témoin. Le plus faible nombre de tiges est enregistré par le traitement S₉ (1,44 tiges). Les traitements S₇, S₂, S₃, S₄, S₆ avec un nombre moyen de tiges (2,00 ; 2,00 ; 2,05 ; 2,17 ; 2,24 et 2,32 tiges respectivement) sont statistiquement égal (Tableau XV).

Il en est de même pour les traitements S8 (1,44 tige) et S9 (1,54 tige) (Tableau XV). L'analyse statistique montre qu'il existe un effet substrat hautement significatif sur le nombre moyen de tiges par plant ($P = 0,000$). Il convient de mentionner que, les substrats S1 (50 % terre + 50 % sciure de bois) et S5 (50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon) augmentent la production de tiges de manioc Yavo.

Quant à la hauteur moyenne des plants issus des miniboutures déshydratées, l'analyse du tableau XV indique que la hauteur moyenne la plus élevée est observée au niveau du traitement S6 (20,23 cm) contre 17,28 cm pour le témoin. La plus faible hauteur est enregistrée par le traitement S8 (11,12 cm). La hauteur moyenne des plants au niveau des traitements S5 (13,26 cm) ; S1 (13,32 cm) ; S7 (13,46 cm) et S4 (15,70 cm) sont sensiblement inférieures à celles des traitements S3 (18,77 cm), S2 (17,45 cm), S9 (17,07 cm), S4 (15,70 cm) et le témoin (17,28 cm). L'analyse statistique révèle un effet substrat hautement significatif ($P = 0,000$) sur la hauteur moyenne des plants dans l'ensemble. Il faut signaler que le substrat S6 à base de 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon améliore plus la croissance des plants. Cependant, le substrat S8 (50 % terre + 50 % NPK 10 18 18) inhibe la croissance des plants.

Tableau XV : effet des substrats sur les paramètres de croissance de la variété Yavo

Substrats	Nombre moyen de feuilles	Nombre moyen de tiges	Hauteur moyenne des tiges (cm)
S ₈	6,98 ± 0,82 ^{fg}	1,54 ± 0,62 ^{de}	11,12 ± 1,33 ^c
S ₉	7,22 ± 1,07 ^{ef}	1,44 ± 0,95 ^d	17,07 ± 1,31 ^{bc}
S ₇	7,86 ± 0,94 ^{def}	2,00 ± 0,90 ^c	13,46 ± 1,36 ^{de}
S ₂	8,08 ± 0,66 ^{cdef}	2,00 ± 1,14 ^c	17,45 ± 1,04 ^{abc}
S ₁	8,17 ± 0,69 ^{cdef}	2,35 ± 0,85 ^a	13,32 ± 1,53 ^{de}
S ₀ (Témoin)	8,61 ± 0,87 ^{bcd}	2,17 ± 0,85 ^{abc}	17,28 ± 1,24 ^{bc}
S ₃	9,23 ± 0,72 ^{bcd}	2,05 ± 1,03 ^{bc}	18,77 ± 1,15 ^{ab}
S ₅	9,43 ± 0,67 ^{abc}	2,44 ± 0,44 ^a	13,26 ± 1,59 ^{def}
S ₄	9,71 ± 0,71 ^{ab}	2,24 ± 1,28 ^{abc}	15,70 ± 1,80 ^{cd}
S ₆	10,71 ± 0,77 ^a	2,32 ± 1,02 ^{ab}	20,23 ± 1,16 ^a
P-value	0,000	0,000	0,000

Dans une colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ; celles suivies de la même lettre sont significativement identiques, d'après le test LSD de Fisher au seuil $\alpha = 0,05$. P : Probabilité ; S₀ (Témoin) : 100 % terre ; S₁ : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; S₂ : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; S₃ : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; S₄ : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; S₅ : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; S₆ : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; S₇ : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; S₈ : 50 % terre + 25 % NPK 10 18 18 ; S₉ : 50 % terre + 50 % NPK 10 18 18.

8.1.4. Effet des substrats et des variétés sur les paramètres morphologiques

La figure 29 représente l'évolution du nombre moyen de feuilles des variétés Bocou 1 et Yavo en fonction des substrats. Chez la variété Bocou 1, l'observation de la figure 34 indique trois groupes de substrats statistiquement homogènes à l'intérieur desquels il n'y a aucune différence significative. Le premier groupe constitué du substrat S8 (2,55 feuilles) inhibe l'émission du nombre de feuilles des plants par rapport au témoin (8,5 feuilles). Le deuxième groupe est composé des substrats S1, S3, S4, S5, S7 et S9 n'améliorent pas l'émission du nombre de feuilles par rapport à S0 (Témoin). Le troisième groupe constitué des substrats S2 (5,70 feuilles) et S6 (5,82 feuilles) a stimulé plus l'émission du nombre de feuilles par rapport à S0 (2,55 feuilles). Cependant, l'analyse statistique révèle un effet substrat hautement significatif ($P = 0,000$) sur le nombre moyen de feuilles émis par les plants.

Au niveau de la variété Yavo, quatre groupes statistiquement homogènes se distinguent, à l'intérieur desquels aucune différence significative n'est observée. Le groupe 1 composé des substrats S8 (7,22 feuilles) et S9 (7,30 feuilles) inhibent la production du nombre de feuilles par plants par rapport à S0 (8,10 feuilles). Les substrats S1, S5 et S7 qui constituent le second groupe n'augmentent pas le nombre de feuilles produit par rapport au témoin. Le groupe 3 formé des substrats S3 (9,10 feuilles) et S4 (9,5 feuilles) puis le quatrième composé des substrats S2 (9,71 feuilles) et S6 (10,71 feuilles) induisent plus la production de feuilles comparativement à S0 (8,10 feuilles). En outre, l'analyse statistique révèle un effet substrat-variété hautement significatif ($P = 0,000$) sur le nombre moyen de feuilles émis par plant. Toutefois, les nombres moyens de feuilles enregistrés chez la variété Yavo sont supérieurs à ceux de Bocou 1 quel que soit le type de substrat. Le substrat S6 à base de 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon favorise plus la production des feuilles au niveau des deux variétés de manioc.

- La figure 30 est relative à l'évolution du nombre moyen de tiges des variétés Bocou 1 et Yavo en fonction des substrats. S'agissant de la variété Bocou 1, l'observation de la figure 35 montre quatre groupes de substrats statistiquement homogènes à l'intérieur desquels il n'y a aucune différence significative. Le premier groupe est constitué du substrat S8, S9, S5, S3 et S4 qui ne favorisent pas la production du nombre moyen de tiges par rapport au témoin S0 (1,04 tiges). Le deuxième groupe est composé des substrats S1 (1,10 tiges) qui n'améliore pas la production du nombre moyen de feuilles par rapport à S0 (1,10 tiges). Le troisième groupe constitué des substrats S7 (1,15 tiges) et S6 (1,15 feuilles) et le quatrième groupe composé uniquement du substrat S2 (1,2 tiges) stimulent plus l'émission du nombre de tiges par

rapport à S0 (1,04 tiges). Cependant, l'analyse statistique révèle un effet substrat hautement significatif ($P = 0,000$) sur le nombre moyen de tiges émis par les plants.

Chez la variété Yavo, trois groupes statistiquement homogènes se distinguent, à l'intérieur desquels aucune différence significative n'est observée. Le groupe 1 composé des substrats S8 (1,51 tiges) et S9 (1,45 tiges) inhibent la production de tiges par plants par rapport à S0 (2,3 tiges). Les substrats S1, S7, S5, S3, S2 et S6 constituent le second groupe n'augmentent pas le nombre de tiges par rapport au témoin. Le groupe 3 formé des substrats S0 (2,3 tiges) et S4 (2,4 tiges) favorisent plus la production de tiges. De plus, l'analyse statistique a révélé un effet substrat-variété hautement significatif ($P = 0,000$) sur le nombre moyen de tiges produits par plant. Toutefois, les nombres moyens de tiges enregistrés chez la variété Yavo sont supérieurs à ceux de Bocou 1 quel que soit le type de substrat.

- Les résultats de l'évolution de la hauteur moyenne des plants sont illustrés par la figure 31. Chez la variété Bocou 1, l'observation de la figure 31 révèle trois groupes statistiquement homogènes à l'intérieur desquels aucune différence significative n'est observée. Le groupe 1 concerne le substrat S8 (2,43 cm) qui inhibe la croissance des plants par rapport au témoin (10 cm). Le deuxième groupe est constitué des substrats S9, S1, S7, S5, S3 et S4, n'améliorent pas la croissance des plants par rapport au substrat S0 (10 cm). Le groupe 3 composé des substrats S0 (10 cm), S2 (10 cm) et S6 (11 cm) favorisent plus la croissance des plants.

Au niveau de la variété Yavo, l'observation de la figure 36 montre quatre groupes statistiquement identiques au sein desquels aucune différence significative n'est observée. Le substrat S8 (11,12 cm) qui constitue le premier groupe empêche la croissance des plants comparativement au témoin S0 (13 cm). Le second groupe, composé des substrats S1, S4 et S2 n'augmentent pas la hauteur moyenne des plants par rapport au témoin (13 cm). Le troisième groupe constitué des substrats S9, S7 S5 et S3 améliorent la croissance des plants par rapport à S0 (13 cm). Le substrat S6 (20,23 cm) qui représente quatrième groupe favorise plus la croissance en hauteur des plants par rapport à S0 (13 cm). Dans l'ensemble, l'analyse statistique a révélé un effet substrat-variété hautement significatif sur la hauteur moyenne des plants ($P = 0,000$). Il ressort de cette analyse que le substrat S6 (50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon) stimule plus la croissance en hauteur des plants des deux variétés de manioc. Les hauteurs moyennes des plants chez la variété Yavo sont supérieures à celles de Bocou 1 quel que soit le type de substrat (Figure 31).

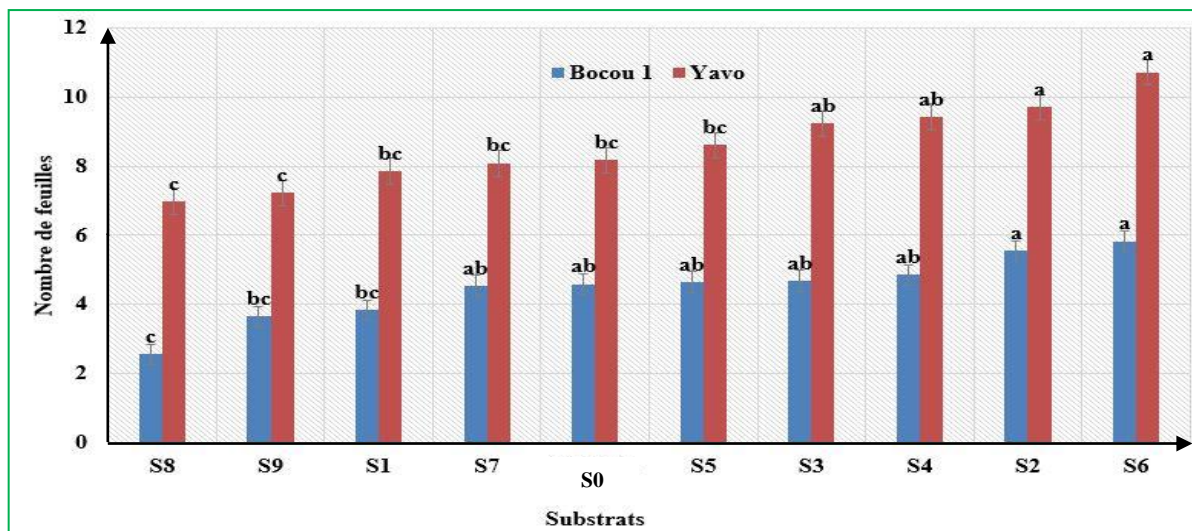


Figure 29 : évolution du nombre moyen de feuilles en fonction des substrats

Les moyennes de chaque substrat (barres verticales de même couleur) suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats selon le test de LSD de Fisher au seuil de 5 % selon le test de Fisher. **S0** : 100 % terre.; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK 10 18 18 ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK 10 18 18.

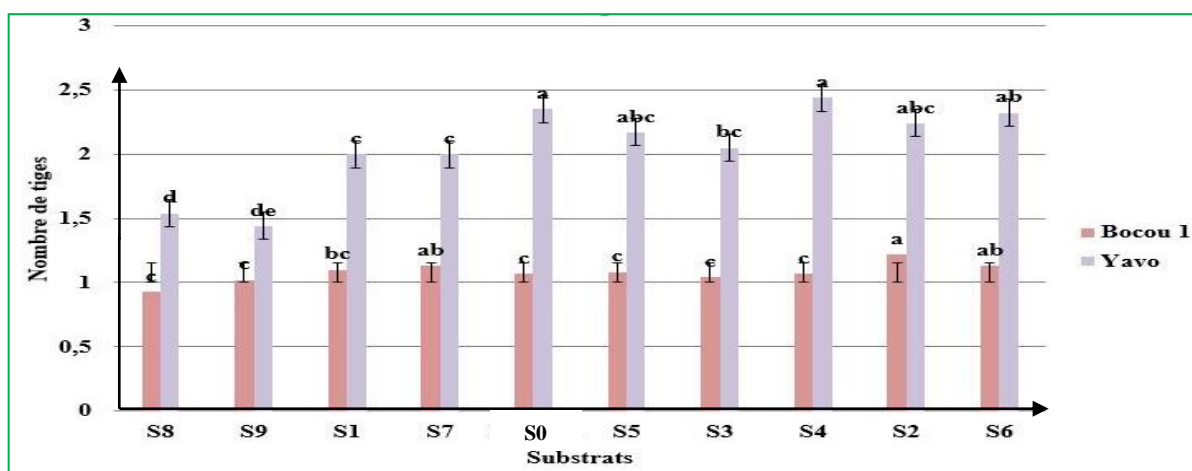


Figure 30 : évolution du nombre moyen de tiges en fonction des substrats

Les moyennes de chaque substrat (barres verticales de même couleur) suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats selon le test de LSD de Fisher au seuil de 5 % selon le test de Fisher. **S0** : 100 % terre.; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK 10 18 18 ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK 10 18 18.

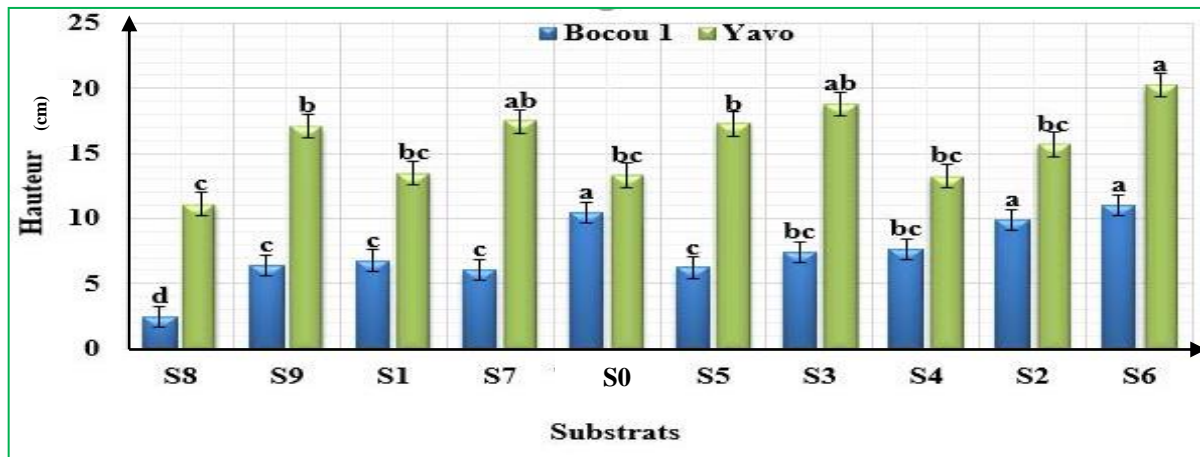


Figure 31 : évolution de la hauteur moyenne en fonction des substrats

Les moyennes de chaque substrat (barres verticales de même couleur) suivies de lettres différentes indiquent la présence de différences significatives entre les substrats selon le test de LSD de Fisher au seuil de 5 % selon le test de Fisher. **S0** : 100 % terre.; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK 10 18 18 ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK 10 18 18.

8.1.5. Tests de corrélation

- Le test de corrélations réalisé entre les différents paramètres de croissance de la variété Yavo a pour coefficient de corrélation ($r = 1$) avec une probabilité ($P = 0,0000$). Il existe donc une corrélation significativement marquée entre les différents paramètres de croissance. Cette corrélation est positive entre le nombre moyen de feuilles et le nombre moyen de tige ($r = 0,634$; $P < 0,0001$). En outre, le nombre moyen de feuilles et la hauteur moyenne des plants sont positivement corrélés ($r = 0,091$; $P < 0,0001$). Par contre, cette corrélation est négativement faible entre la hauteur des plants et le nombre de tige ($r = - 0,052$; $P > 0,0001$) (Tableau XVI).

- Le test de corrélations réalisés entre les différents paramètres de croissance de la variété Bocou 1 a pour coefficient de corrélation ($r = 1$) avec une probabilité ($P = 0,000$). Il existe donc des corrélations significativement marquées entre les différentes variables. Cette corrélation est positive entre le nombre moyen de feuille et la hauteur moyenne des plants ($r = 0,228$; $P > 0,0001$). Par contre, elle est corrélée négativement entre le nombre moyen de feuilles et le nombre moyen de tiges des plants ($r = - 0,199$; $P > 0,0001$) puis entre la hauteur et le nombre de tiges ($r = - 0,108$; $P > 0,0001$) (Tableau XVII).

Tableau XVI : test de corrélation des paramètres de croissance de la variété Yavo

Variables	Nmf	Nmt	Hm
Nmf	1		
Nmt	0,634	1	
Hm	0,091	- 0,052	1

Hm : Hauteur Moyenne ; *Nmf* : Nombre moyen de feuilles ; *Nmt* : Nombre moyen de tiges

Tableau XVII : test de corrélation des paramètres de croissance de la variété Bocou 1

Variables	Nmf	Nmt	Hm
Nmf	1		
Nmt	-0,199	1	
Hm	0,228	-0,108	1

Hm : Hauteur Moyenne ; *Nmf* : Nombre moyen de feuilles ; *Nmt* : Nombre moyen de tiges

8.2. Discussion

La réussite d'un protocole de régénération tient compte de la vigueur et de la survie des plants prêts à être repiqués. Le choix du substrat joue également un rôle important dans la qualité des plants en pépinière (Bunt, 1988). Les résultats du délai de régénération des miniboutures déshydratée ont montré que les premiers bourgeons sont observés à partir du 5^e jour sur tous les différents types de substrats au niveau des deux cultivars de manioc étudiés. Nos résultats sont en accord avec ceux de l'IITA (1990) qui a démontré que 95 à 100 % des boutures reprennent en l'espace de 3 à 5 jours selon la variété. De plus, une étude menée au Togo par cette même institution et a révélé une reprise de 100 % des boutures en 2 ou 3 jours avec la variété « *Nakoko* ». Les résultats ont révélé un effet substrat hautement significatif sur le taux de reprise des miniboutures déshydratées pendant 3 jours. Ainsi, le substrat S3 (50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon) a induit un taux de reprise 86,5 % par rapport au témoin (76,77 %) avec la variété Bocou 1. La variété Yavo quant à elle, a enregistré un taux de reprise de 85,55 % avec le même substrat contre le 68,11 % pour le témoin. Ces résultats peuvent être expliqués par les caractéristiques des balles de riz réduites en charbon. En effet, elles possèdent des qualités physiques et chimiques intéressant particulièrement pour la germination des graines et le développement de boutures. Ainsi une fois incorporées au sol, elles améliorent le pH, l'aération de la zone racinaire, la capacité de rétention d'eau du sol et

le niveau d'échange en potasse et en magnésium. Elles favorisent également l'assimilation du phosphore. Ces résultats sont accord avec les travaux de Aka *et al.* (2018) sur l'optimisation de la phase juvénile de la tomate (*Solanum lycopersicon* ou *Lycopersicon esculentum*) par l'utilisation de substrats biologique. Ces auteurs ont indiqué que les balles de riz réduites en charbon utilisées en pépinière favorisent une meilleure germination des grains de tomates et une bonne croissance des plantules. Selon Rodriques et Mateo (2008), les balles de riz réduites en charbon font preuves de bonnes performances agronomiques en culture hydroponique avec des doses allant de 30 à 50 %. Cependant, le substrat S8 (50 % terre + 25 % NPK 10 18 18) a un effet inhibiteur sur la régénération des miniboutures déshydratées des deux variétés de manioc. En outre, les résultats ont également révélé que le substrat S8 (50 % terre + 25 % NPK 10 18 18) a enregistré les plus faibles taux de reprise au niveau des deux variétés de manioc Bocou 1 (62,93 %) et Yavo (60,55 %). Ces faibles taux de reprise obtenus, seraient dus, d'une part, à une inhibition de la reprise des miniboutures. Cette inhibition pourrait s'expliquer par le moment de l'application de l'engrais NPK qui a coïncidé avec le planting des miniboutures. Nos travaux sont en conformité avec ceux d'Ilunga *et al.* (2018) dans l'influence du moment d'application du NPK sur la croissance et le rendement du maïs (*Zea mays* L.) installé sur un ferralsol. Ces auteurs ont démontré que l'application du NPK au moment de semis induit un faible taux de levée des grains de maïs. D'autre part, ces faibles taux enregistrés par le substrat S8 (50 % terre + 50 % NPK 10 18 18) pourrait être liés à une déficience en eau de ce substrat car elle permet d'atténuer la chaleur libérée par la décomposition de l'engrais. Or, au cours cette étude, l'épandage de l'engrais au moment du planting a coïncidé avec une période de coupure d'eau fréquente. Cela aurait déshydraté davantage les miniboutures en inhibant la levée de dormance des bourgeons et toutes activités métaboliques. Ce qui eut pour conséquence les brûlures observées sur les miniboutures au cours de la pépinière entraînant ainsi un faible taux de levée (moins de 80 %) des miniboutures puis un retard de croissance des plantules. Cependant, le substrat S6 (50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon) s'est montré plus favorable à la croissance des plants de manioc Bocou 1 et Yavo. Les résultats de l'analyse de variances ont montré un effet substrat hautement significatif sur le nombre moyen de feuilles et de tiges chez les variétés de manioc Bocou 1 et Yavo. Ainsi, le substrat S6 (50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon) favorise plus la production de feuilles, de tiges en stimulant la croissance des plants de manioc Bocou 1 et Yavo. Cette bonne croissance des plants obtenue serait induite par l'action combinée de la fiente de poulets et des balles de riz réduites en charbon. Cette action combinée de la fiente de poulets et des balles de riz

réduites en charbon serait responsable de l'amélioration de la fertilité des substrats voire les paramètres agromorphologiques des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo. Ce facteur d'amélioration pourrait être dû à une bonne teneur en éléments minéraux que regorgent la fiente de poulets et les balles riz carbonisées (teneur en azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium...). Ces résultats sont en accord avec les travaux de M'Sadak *et al.* (2012) dans l'évaluation des substrats et des plants produits en pépinière forestière. Ils ont montré que les substrats induisaient un meilleur accroissement des plantules en pépinière. De plus, ces résultats corroborent à ceux de Nguema *et al.* (2014) lors de leurs travaux sur l'effet de la composition de différents substrats culturaux sur quelques paramètres de croissance de *Gambeya lacourtiana* De Wild en pépinière au Nord-Est du Gabon. En outre, les substrats S2 (50 % terre + 50 % fiente de poulets), S6 (50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon), S5 (50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon) améliorent les caractères phénologiques du manioc en début de cycle. Ces résultats s'expliquent par la forte teneur en éléments minéraux de ces fumures organiques et leurs caractéristiques physico-chimiques. En effet, la bonne croissance des plantules observée sur les substrats comportant de la fiente de poulets est due à sa richesse en éléments nutritifs (N, P, K) et en oligoéléments (Na, S, Ca, Cu, Zn...) qui compenseraient les carences naturelles éventuelles de la terre utilisée. Ces résultats sont en adéquation avec ceux de Chabalié *et al.* (2006) qui ont prouvé que les volailles rejettent 70 % de l'azote et du phosphore consommés dans les déjections. Par contre, les résultats obtenus sont en contradiction à ceux de Koua (2013) qui au cours de ses études sur l'effet du substrat de culture sur la croissance des vitro plants de deux cultivars de bananiers plantains (*Musa paradisiacai*), a montré que la présence de fiente de volaille dans la formulation des substrats, provoque une perte de toutes les plantules avec apparition de mycélium (champignons) et diverses larves d'insectes phytophages. Par ailleurs, cet effet stimulateur de croissance induit par le substrat S6 (50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon) est lié, d'une part, aux caractéristiques intrinsèques des deux variétés puis, d'autre part aux propriétés physiques et chimiques des substrats. L'étude a aussi montré que les paramètres de croissance de la variété Yavo provenant de l'IITA et introduite en Côte d'Ivoire en 2002 étaient supérieurs à ceux de la variété Bocou 1 développée par le CNRA en 2008 pendant les 45 jours en phase pépinière. Ces résultats seraient dû, d'une part, aux caractéristiques génétiques de chacune des deux variétés. Également, dans une étude sur les variétés de piment au plateau des Batéké à Kinshasa, Muwo *et al.* (2018) ont affirmé que les écarts des rendements observés peuvent se justifier par les caractéristiques génétiques propres à chaque variété. D'autre part, cette

supériorité des plants de Yavo par rapport à ceux Bocou 1 pourraient être due aux paramètres physiques et chimiques des substrats de culture. En effet, la croissance rapide des plantules de Yavo observée sur ces substrats serait due au fait que le système racinaire des plantules assimile bien les éléments nutritifs qui s'y trouvent car les caractéristiques physiques d'un substrat jouent un rôle très important dans le contrôle de l'irrigation du substrat et par conséquent, de la croissance, du rendement et de la qualité des plantules produites. En outre, le substrat doit posséder une bonne capacité de rétention en air et en eau de façon à maximiser l'alimentation de la plantule (Bégin, 2008) car pour croître, les plantules ont besoin que le milieu de croissance leur procure trois éléments essentiels autre qu'un support physique, soit de l'eau, de l'oxygène et des éléments minéraux (Wolf, 1999). Ce qui est en adéquation avec les travaux de Baiyeri (2005). Il a affirmé que la composition physique du milieu de croissance a un effet sur l'alimentation en eau et en air des plantules en croissance. Adams *et al.* (2003) ont également montré que les caractéristiques physiques du milieu de croissance affectent la vigueur de la plante. Il convient de dire que les plants de la variété de manioc Yavo se développent mieux sur les substrats de pépinière par rapport à ceux de la variété Bocou 1. Cependant, existe-il des corrélations entre les paramètres de croissance mesurés chez les deux variétés de manioc étudiées ? Les résultats obtenus montrent qu'il existe des corrélations significatives et positives entre tous les paramètres étudiés. Au niveau des deux variétés de manioc, l'analyse des résultats a révélé d'abord une corrélation positive entre la hauteur moyenne et le nombre moyen de feuilles ensuite une corrélation négative entre la hauteur moyenne et le nombre moyen de tiges enfin une corrélation négative entre le nombre moyen de feuilles et de tiges. Cette corrélation positive pourrait s'expliquer par le fait que la hauteur moyenne et le nombre moyen de feuilles sont étroitement liés et évoluent dans le même sens c'est-à-dire plus la hauteur est grande, plus le nombre de feuilles est élevé. De plus, la corrélation négative observée serait due au fait le nombre moyen de tiges n'est pas lié au nombre moyen de feuilles puis à la hauteur moyenne ; elle n'évolue pas dans le même sens que ces deux paramètres de croissance. En effet, les substrats sur lesquels les plantules ont présenté une bonne taille, ont généralement un nombre de feuilles très élevés. Selon Lamhamedi *et al.* (1997) la hauteur, le nombre de feuilles et de tiges sont considérés parmi les facteurs morphologiques qui peuvent prédire au mieux la performance des plants après plantation. La hauteur constitue un bon indicateur de la capacité photosynthétique et de la surface de transpiration, lesquelles sont étroitement corrélées avec le nombre des feuilles et de tiges. De même, Touckia *et al.* (2015) ont montré qu'il existe des corrélations significatives et de forte intensité entre les paramètres de croissance de *Jatropha curcas*. Toutefois, il faut

retenir que la hauteur et le nombre de feuilles sont étroitement liés et évoluent dans le même sens contrairement au nombre de tiges. Au vu de ces résultats, il faut retenir que le substrat S6 (50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon) est le meilleur pour la production de pépinière de manioc à partir des miniboutures déshydratées. De plus, le substrat S8 (75 % terre + 25 % NPK 10 18 18) apparaît comme facteur limitant la régénération des miniboutures déshydratées des variétés Bocou 1 et Yavo.

8.3. Conclusion partielle

Au terme de nos investigations sur l'évaluation des performances agromorphologiques de deux variétés de manioc sur divers substrats de pépinière, il faut retenir que l'étude de l'effet de la composition des substrats sur la régénération de miniboutures déshydratées de manioc Bocou 1 et Yavo a montré que les premiers bourgeons apparaissaient à partir du 5^e jour sur tous les de substrats avec un taux de reprise très élevé sur les substrats S2 (50 % terre + 50 % fiente de poulets), S3 (50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon), S5 (50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon) et S6 (50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon). En outre, ces quatre substrats ont amélioré significativement les paramètres de croissance des deux variétés de manioc alors que les substrats S1 (50 % terre + 50 % sciure de bois), S4 (50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets), S7 (25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon), S8 (50 % terre + 50 % NPK 10 18 18) et S9 (50 % terre + 25 % NPK 10 18 18) ont révélé des limites en raison de leur inefficacité sur la régénération des miniboutures et la croissance des plantules de manioc Bocou 1 et Yavo. Par ailleurs, les substrats S2 (50 % terre + 50 % fiente de poulets), S3 (50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon), S5 (50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon) et surtout S6 (50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon) peuvent être conseillés pour la mise en place d'une pépinière de manioc. En effet, la qualité du substrat de culture est l'un des éléments les plus importants parmi ceux qui ont une incidence sur la croissance des plants en hors sol. D'un point de vue strictement agronomique, les substrats de culture à base de matières organiques, constituent des matériaux quasiment inéluctables, en raison essentiellement de leurs propriétés physiques, favorables au développement racinaire des plants installés. Cependant, des études complémentaires et diversifiées sont requises pour une bonne productivité des miniboutures déshydratées de manioc. Elles devront prendre en compte l'aspect fertilisation pour la satisfaction des besoins actuels et futurs des populations.

Chapitre 9 : Evaluation de l'impact des fertilisations minérale et organique sur les paramètres de croissance et de production des plants-pépinière

Le chapitre 9 met en exergue les résultats relatifs à l'influence de deux fertilisants organiques et d'un engrais minéral sur les paramètres de croissance et de production des plants de manioc Bocou 1 et Yavo issus de la pépinière du premier chapitre dans un premier temps suivi de leur discussion dans un deuxième temps.

9.1. Résultats

9.1.1. Effet des traitements sur les paramètres de croissance des plants de Bocou 1 et Yavo

Les caractères morphologiques relatifs à la croissance et au développement des plants en fonction des traitements ont été la hauteur, le diamètre au collet, le nombre de tiges secondaires et le nombre de ramification.

Les résultats de l'effet des traitements sur la hauteur des plants de Bocou 1 et Yavo sont consignés dans le tableau XVIII. L'analyse des résultats révèle que les moyennes obtenues sont statistiquement différentes en fonction des traitements avec une probabilité $P < 0,0001$.

Pour la variété Yavo, la hauteur moyenne la plus élevée est enregistrée avec le traitement T2S6 (110 cm) et la plus faible est obtenue avec le traitement T2S5 (70,1 cm).

Concernant la variété Bocou 1, le traitement T2S3 a enregistré la hauteur la plus élevée (130 cm). Par contre, la plus faible hauteur est observée au niveau du traitement T2S5 environ 69 cm. Il ressort de cette analyse que les traitement T2S6 (T2 : fiente de poulets ; S6 : 50 % terre + 25 % fiente de poulets +25 balles de riz réduites en charbon) et T2S3 (T2 : balles de riz réduites en charbon + 50 balles de riz réduites en charbon) améliorent la croissance des plants de manioc respectivement des variétés Yavo et Bocou 1 (Tableau XVIII).

- Le diamètre au collet, pour ce paramètre, les valeurs des moyennes obtenues sont significativement différentes d'un traitement à l'autre au niveau de la variété Yavo ($P < 0,0001$) (Tableau XIX). Par contre, cette différence est non significative pour la variété Bocou 1 ($P > 0,05$). S'agissant de la variété Yavo, les traitements T0S4 et T2S6 ont induit les plus forts diamètres respectivement 45 mm et 48 mm tandis que les plus faibles sont obtenus avec les traitements T0S0, T0S1, T0S6 et T1S5 dont les valeurs sont comprises entre 24 mm et 25 mm (Tableau XIX). Au niveau de la variété Bocou 1, les valeurs des moyennes obtenues sont

statistiquement identiques au niveau des traitements puis varient de 23 mm à 31 mm de diamètre.

Tableau XVIII : hauteur moyenne des plants de manioc Bocou 1 et Yavo

Traitements	Hauteur moyenne des plants (cm)	
	Bocou 1	Yavo
T0S0	103,08 ± 33,92 ^{abcd}	92,07 ± 22,59 ^{abcde}
T0S1	67,62 ± 40,08 ^{ab}	71,40 ± 14,65 ^{ab}
T0S2	98,12 ± 52,1 ^{abcd}	99,62 ± 26,26 ^{abcde}
T0S3	81,14 ± 20,94 ^{abc}	93,53 ± 16,79 ^{abcde}
T0S4	92,26 ± 28,00 ^{abcd}	89,85 ± 17,14 ^{abcde}
T0S5	83,06 ± 37,20 ^{abcd}	70,20 ± 14,19 ^a
T0S6	113,33 ± 25,84 ^{abcd}	96,99 ± 30,08 ^{abcde}
T0S7	90,98 ± 25,28 ^{abcd}	81,77 ± 11,80 ^{abcde}
T0S8	104,70 ± 51,49 ^{abcd}	81,50 ± 47,57 ^{abcde}
T0S9	79,13 ± 26,40 ^{abc}	105,22 ± 32,94 ^{cde}
T1S0	117,06 ± 24,69 ^{abcd}	93,90 ± 21,22 ^{abcde}
T1S1	74,41 ± 48,27 ^{abcd}	80,50 ± 16,83 ^{abcde}
T1S2	126,73 ± 55,84 ^{bcd}	103,14 ± 16,70 ^{cde}
T1S3	106,94 ± 50,38 ^{abcd}	105,81 ± 21,45 ^{cde}
T1S4	89,54 ± 32,18 ^{abcd}	96,02 ± 17,95 ^{abcde}
T1S5	72,20 ± 32,14 ^{ab}	67,98 ± 30,06 ^{abc}
T1S6	108,55 ± 33,83 ^{abcd}	106,16 ± 16,76 ^{cde}
T1S7	80,87 ± 40,06 ^{abcd}	72,62 ± 24,06 ^{abcde}
T1S8	77,87 ± 27,18 ^{abc}	75,98 ± 34,63 ^{abcde}
T1S9	98,28 ± 36,31 ^{abcd}	101,84 ± 47,78 ^{bcde}
T2S0	106,03 ± 29,09 ^{abcd}	101,75 ± 14,39 ^{abcde}
T2S1	88,51 ± 33,82 ^{abcd}	76,13 ± 21,62 ^{abcd}
T2S2	116,86 ± 31,05 ^{abcd}	92,92 ± 34,85 ^{abcde}
T2S3	130,28 ± 24,39 ^d	77,44 ± 35,00 ^{abcde}
T2S4	100,29 ± 28,15 ^{abcd}	82,80 ± 16,45 ^{abcde}
T2S5	68,05 ± 33,34 ^a	75,28 ± 17,30 ^{abcd}
T2S6	87,94 ± 44,32 ^{abcd}	111,46 ± 18,56 ^e
T2S7	89,01 ± 30,50 ^{abcd}	86,04 ± 17,04 ^{abcde}
T2S8	92,42 ± 37,57 ^{abcd}	88,74 ± 35,06 ^{abcde}
T2S9	93,93 ± 49,48 ^{abcd}	80,11 ± 51,77 ^{abcde}
T3S0	123,99 ± 23,95 ^{cd}	104,97 ± 34,18 ^{cde}
T3S1	73,38 ± 26,14 ^a	85,70 ± 19,94 ^{abcde}
T3S2	86,99 ± 33,86 ^{abcd}	108,12 ± 33,56 ^{cde}
T3S3	116,61 ± 46,37 ^{abcd}	110,90 ± 22,87 ^{de}
T3S4	106,32 ± 38,56 ^{abcd}	102,75 ± 46,75 ^{bcde}
T3S5	99,72 ± 31,00 ^{abcd}	80,76 ± 21,34 ^{abcde}
T3S6	118,8 ± 17,76 ^{bcd}	86,96 ± 17,28 ^{abcde}
T3S7	97,76 ± 45,99 ^{abcd}	81,34 ± 29,79 ^{abcde}
T3S8	128,84 ± 31,85 ^{cd}	102,52 ± 35,90 ^{bcde}
T3S9	94,44 ± 44,14 ^{abcd}	99,43 ± 24,32 ^{abcde}
P-value	0,0001	0,0001

Dans une colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes. **P** : probabilité ; **S0** : 100 % terre ; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balle de riz carbonisée ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18) ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18). **T0** : sans fertilisant ; **T1** : fiente de poulets ; **T2** : balles de riz réduites en charbon ; **T3** : N P K 10 18 18.

Tableau XIX : diamètre au collet des plants de manioc Bocou 1 et Yavo

Traitements	Diamètre au collet des plants (mm)	
	Bocou 1	Yavo
T0S0	27,59 ± 6,36 ^a	24,52 ± 6,16 ^a
T0S1	23,14 ± 5,19 ^a	23,90 ± 5,00 ^a
T0S2	25,25 ± 8,50 ^a	26,27 ± 4,68 ^{ab}
T0S3	28,90 ± 7,87 ^a	28,78 ± 5,89 ^{ab}
T0S4	27,50 ± 5,60 ^a	45,51 ± 69,11 ^{ab}
T0S5	23,56 ± 6,18 ^a	23,44 ± 4,62 ^a
T0S6	24,14 ± 5,17 ^a	27,24 ± 7,14 ^{ab}
T0S7	26,10 ± 5,45 ^a	26,43 ± 6,29 ^{ab}
T0S8	29,77 ± 6,20 ^a	30,08 ± 8,78 ^{ab}
T0S9	26,35 ± 7,05 ^a	32,66 ± 8,35 ^{ab}
T1S0	25,79 ± 5,77 ^a	28,21 ± 6,91 ^{ab}
T1S1	23,40 ± 5,48 ^a	26,86 ± 7,71 ^{ab}
T1S2	28,92 ± 4,51 ^a	27,64 ± 6,90 ^{ab}
T1S3	26,70 ± 7,13 ^a	27,10 ± 4,15 ^{ab}
T1S4	26,37 ± 4,40 ^a	27,81 ± 4,15 ^{ab}
T1S5	24,31 ± 6,15 ^a	25,19 ± 6,12 ^a
T1S6	26,98 ± 6,05 ^a	31,48 ± 7,39 ^{ab}
T1S7	25,28 ± 7,92 ^a	27,70 ± 5,00 ^{ab}
T1S8	27,36 ± 6,66 ^a	28,09 ± 7,13 ^{ab}
T1S9	27,04 ± 4,13 ^a	31,65 ± 8,05 ^{ab}
T2S0	24,68 ± 5,84 ^a	28,04 ± 6,17 ^{ab}
T2S1	26,65 ± 6,06 ^a	26,64 ± 4,08 ^{ab}
T2S2	25,82 ± 5,16 ^a	29,18 ± 5,94 ^{ab}
T2S3	28,00 ± 6,05 ^a	27,25 ± 4,25 ^{ab}
T2S4	29,54 ± 5,44 ^a	26,02 ± 6,24 ^a
T2S5	25,58 ± 6,16 ^a	24,35 ± 4,80 ^a
T2S6	27,33 ± 6,30 ^a	48,34 ± 63,25 ^b
T2S7	26,83 ± 7,37 ^a	28,73 ± 5,96 ^{ab}
T2S8	26,91 ± 6,98 ^a	29,74 ± 6,98 ^{ab}
T2S9	27,19 ± 6,52 ^a	29,00 ± 7,87 ^{ab}
T3S0	30,18 ± 5,43 ^a	31,00 ± 5,51 ^{ab}
T3S1	27,92 ± 7,39 ^a	31,28 ± 9,48 ^{ab}
T3S2	31,00 ± 6,42 ^a	36,28 ± 5,75 ^{ab}
T3S3	29,02 ± 5,59 ^a	29,40 ± 6,40 ^{ab}
T3S4	27,30 ± 5,31 ^a	30,69 ± 7,20 ^{ab}
T3S5	28,82 ± 8,09 ^a	28,70 ± 7,83 ^{ab}
T3S6	27,94 ± 5,98 ^a	29,52 ± 7,34 ^{ab}
T3S7	30,48 ± 11,90 ^a	26,99 ± 5,45 ^{ab}
T3S8	30,92 ± 6,94 ^a	29,81 ± 5,51 ^{ab}
T3S9	27,74 ± 8,51 ^a	29,48 ± 7,40 ^{ab}
P-value	0,064	0,0001

Dans une colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes. **P** : probabilité ; **S0** : 100 % terre ; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balle de riz carbonisée ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18) ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18). **T0** : sans fertilisant ; **T1** : fiente de poulets ; **T2** : balles de riz réduites en charbon ; **T3** : N P K 10 18 18.

- Il ressort de l'analyse de variances que le nombre de tiges secondaire varie d'un traitement à l'autre et par variété. Pour la variété Bocou 1, l'analyse de la figure révèle que le nombre de tiges secondaires est plus élevé avec le traitement T3S6 (2 tiges secondaires par plant) par contre le traitement T1S5 n'a eu aucun effet sur l'émission de tiges secondaires comparativement aux autres traitements avec une valeur moyenne de 0,5 tiges secondaires (Tableau XX). Relativement à la variété Yavo, le nombre de tiges secondaires le plus élevé est donné par le traitement T3S9 (1,65) contre 0,3 avec le traitement T0S3. Cependant, aucune différence significative n'est observée au niveau des moyennes obtenues quel que soit le traitement (Tableau XX). Toutefois le traitement T3S6 (T3 : NPK 10 18 18 ; S6 : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon) stimule plus l'émission de tiges secondaires chez la variété Bocou 1.

- Les résultats de l'effet des traitements sur le nombre de ramification produit par les plants de Bocou 1 et Yavo après transplantation sont consignés dans le tableau XXI. Pour ce paramètre, les valeurs des moyennes sont statistiquement significatives d'un traitement à l'autre au niveau des variétés étudiées ($p = 0,001$). Au niveau de la variété Yavo, le test de comparaison montre que le nombre de ramification le plus élevé est observé avec le traitement T3S8 (4 ramifications en moyenne par plant). Par contre, le traitement T0S1 a induit le plus faible nombre de ramification avec une moyenne de 0,40 ramification/plant (Tableau XXI).

En ce qui concerne la variété Bocou 1, l'analyse de la variance des moyennes indique que le plus grand nombre de ramification est enregistré avec le traitement T3S8 (10 ramifications par plant). Contrairement au traitement T0S1 qui a eu le plus faible nombre de ramification (2 ramifications par plant) (Tableau XXI). Il convient de dire que le traitement T3S8 (T3 : NPK 10 18 18 ; S8 : 75 % terre + 25 % NPK 10 18 18) stimule plus la ramification des plants chez les deux variétés (Bocou 1 et Yavo).

Tableau XX : nombre de tiges secondaires des plants de manioc Bocou 1 et Yavo

Traitements	Nombre de tiges secondaires	
	Bocou 1	Yavo
T0S0	0,53 ± 0,74 ^{ab}	0,53 ± 0,51 ^a
T0S1	0,86 ± 0,91 ^{abc}	0,53 ± 0,64 ^a
T0S2	1,46 ± 1,24 ^{abc}	0,66 ± 0,61 ^a
T0S3	1,26 ± 1,03 ^{abc}	0,33 ± 0,48 ^a
T0S4	1,06 ± 0,79 ^{abc}	0,60 ± 0,50 ^a
T0S5	1,46 ± 0,91 ^{abc}	0,60 ± 0,63 ^a
T0S6	2,00 ± 1,00 ^{abc}	1,20 ± 1,52 ^a
T0S7	1,46 ± 1,18 ^{abc}	0,86 ± 0,74 ^a
T0S8	1,13 ± 1,06 ^{abc}	0,73 ± 0,70 ^a
T0S9	1,33 ± 0,72 ^{abc}	0,73 ± 0,88 ^a
T1S0	0,86 ± 1,24 ^{abc}	0,53 ± 0,51 ^a
T1S1	1,26 ± 1,33 ^{abc}	0,40 ± 0,50 ^a
T1S2	1,73 ± 1,10 ^{abc}	0,86 ± 0,64 ^a
T1S3	1,00 ± 1,19 ^{abc}	1,00 ± 0,75 ^a
T1S4	1,13 ± 0,74 ^{abc}	0,85 ± 0,86 ^a
T1S5	0,33 ± 0,81 ^a	0,53 ± 0,74 ^a
T1S6	1,53 ± 0,99 ^{abc}	0,73 ± 0,70 ^a
T1S7	1,00 ± 0,75 ^{abc}	0,86 ± 0,74 ^a
T1S8	1,33 ± 0,90 ^{abc}	1,00 ± 1,36 ^a
T1S9	0,80 ± 0,77 ^{abc}	0,80 ± 1,14 ^a
T2S0	1,66 ± 0,81 ^{abc}	1,13 ± 1,06 ^a
T2S1	1,81 ± 1,27 ^{abc}	0,80 ± 0,77 ^a
T2S2	1,78 ± 1,36 ^{abc}	0,80 ± 0,67 ^a
T2S3	1,93 ± 1,58 ^{abc}	0,86 ± 1,06 ^a
T2S4	1,46 ± 1,18 ^{abc}	1,06 ± 0,79 ^a
T2S5	1,73 ± 0,96 ^{abc}	0,66 ± 0,61 ^a
T2S6	0,93 ± 1,03 ^{abc}	0,66 ± 0,90 ^a
T2S7	1,73 ± 1,33 ^{abc}	0,60 ± 0,82 ^a
T2S8	1,86 ± 1,24 ^{abc}	1,40 ± 1,50 ^a
T2S9	1,80 ± 1,08 ^{abc}	1,20 ± 1,26 ^a
T3S0	1,60 ± 1,24 ^{abc}	0,93 ± 1,03 ^a
T3S1	1,26 ± 1,10 ^{abc}	0,80 ± 1,08 ^a
T3S2	1,80 ± 1,14 ^{abc}	0,66 ± 0,61 ^a
T3S3	1,80 ± 1,14 ^{abc}	1,40 ± 0,98 ^a
T3S4	1,46 ± 0,99 ^{abc}	0,80 ± 1,14 ^a
T3S5	2,13 ± 1,40 ^{bc}	1,00 ± 1,00 ^a
T3S6	2,60 ± 1,35 ^c	1,00 ± 0,75 ^a
T3S7	1,86 ± 1,18 ^{abc}	1,40 ± 1,12 ^a
T3S8	2,26 ± 1,71 ^{bc}	1,20 ± 1,14 ^a
T3S9	1,73 ± 1,28 ^{abc}	1,66 ± 1,29 ^a
P-value	0,0001	0,119

Dans une colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes. *P* : probabilité ; *S0* : 100 % terre ; *S1* : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; *S2* : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; *S3* : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; *S4* : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; *S5* : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balle de riz carbonisée ; *S6* : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; *S7* : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; *S8* : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18) ; *S9* : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18). *T0* : sans fertilisant ; *T1* : fiente de poulets ; *T2* : balles de riz réduites en charbon ; *T3* : N P K 10 18 18.

Tableau XXI : nombre moyen de ramification des plants de manioc Bocou 1 et Yavo

Traitements	Nombre moyen de ramification des plants	
	Yavo	Bocou 1
T0S0	0,80 ± 1,01 ^{abc}	6,60 ± 6,58 ^{abcd}
T0S1	0,40 ± 0,63 ^a	2,43 ± 3,31 ^a
T0S2	3,00 ± 2,10 ^{abcde}	8,40 ± 7,97 ^{abcd}
T0S3	2,26 ± 2,89 ^{abcde}	5,10 ± 6,26 ^{abcd}
T0S4	2,00 ± 2,29 ^{abcde}	7,23 ± 11,05 ^{abcd}
T0S5	0,66 ± 0,97 ^{ab}	3,06 ± 4,37 ^{ab}
T0S6	1,86 ± 1,68 ^{abcde}	9,667 ± 11,22 ^{abcd}
T0S7	2,00 ± 1,41 ^{abcde}	5,53 ± 6,40 ^{abcd}
T0S8	2,60 ± 2,55 ^{abcde}	8,93 ± 13,82 ^{abcd}
T0S9	4,06 ± 2,71 ^{cde}	5,10 ± 4,08 ^{abcd}
T1S0	1,13 ± 1,68 ^{abcd}	7,06 ± 5,98 ^{abcd}
T1S1	0,93 ± 1,03 ^{abcd}	3,93 ± 6,08 ^{abc}
T1S2	3,13 ± 2,38 ^{abcde}	13,36 ± 9,80 ^{cd}
T1S3	1,13 ± 1,12 ^{abcde}	8,10 ± 10,87 ^{abcd}
T1S4	2,78 ± 2,66 ^{abcde}	5,96 ± 6,66 ^{abcd}
T1S5	1,06 ± 1,53 ^{abcd}	3,83 ± 5,88 ^{abc}
T1S6	2,20 ± 1,65 ^{abcde}	8,46 ± 9,72 ^{abcd}
T1S7	1,60 ± 1,76 ^{abcde}	5,53 ± 7,63 ^{abcd}
T1S8	2,86 ± 3,06 ^{abcde}	5,60 ± 3,73 ^{abcd}
T1S9	2,73 ± 2,34 ^{abcde}	5,63 ± 5,02 ^{abcd}
T2S0	1,26 ± 0,70 ^{abcde}	4,70 ± 5,48 ^{abcd}
T2S1	0,93 ± 1,22 ^{abcd}	4,54 ± 6,71 ^{abc}
T2S2	2,73 ± 2,28 ^{abcde}	9,10 ± 2,11 ^{abcd}
T2S3	1,46 ± 1,40 ^{abcde}	9,53 ± 7,66 ^{abcd}
T2S4	2,01 ± 2,04 ^{abcde}	5,27 ± 5,85 ^{abcd}
T2S5	1,20 ± 1,14 ^{abcde}	3,60 ± 4,59 ^{abc}
T2S6	2,26 ± 1,98 ^{abcde}	6,70 ± 9,56 ^{abcd}
T2S7	2,26 ± 1,87 ^{abcde}	6,00 ± 6,74 ^{abcd}
T2S8	3,06 ± 1,79 ^{bcd}	7,73 11,66 ^{abcd}
T2S9	2,66 ± 2,84 ^{abcde}	5,46 ± 8,44 ^{abcd}
T3S0	3,60 ± 2,41 ^{bcd}	10,76 ± 10,25 ^{cd}
T3S1	2,80 ± 2,27 ^{abcde}	4,56 ± 5,51 ^{abcd}
T3S2	3,60 ± 2,13 ^{bcd}	6,70 ± 14,77 ^{abcd}
T3S3	3,46 ± 1,99 ^{bcd}	11,63 ± 12,73 ^{cd}
T3S4	4,06 ± 3,01 ^{bcd}	8,40 ± 13,65 ^{abcd}
T3S5	3,73 ± 3,17 ^{bcd}	9,03 ± 8,87 ^{bcd}
T3S6	3,46 ± 2,03 ^{bcd}	9,26 ± 10,20 ^{bcd}
T3S7	3,13 ± 1,95 ^{bcd}	10,10 ± 14,50 ^{abcd}
T3S8	4,93 ± 2,78 ^e	13,33 ± 10,60 ^d
T3S9	4,60 ± 3,15 ^{de}	10,13 ± 10,41 ^{bcd}
P-value	0,0001	0,0001

Dans une colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes. **P** : probabilité ; **S0** : 100 % terre ; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balle de riz carbonisée ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18) ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18). **T0** : sans fertilisant ; **T1** : fiente de poulets ; **T2** : balles de riz réduites en charbon ; **T3** : N P K 10 18 18.

- Le test de corrélations réalisés entre les différents paramètres de croissance des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo révèle qu'il existe des liens significativement marqués entre les différentes variables (Tableau XXII). Il existe une corrélation positive entre la hauteur et le diamètre au collet ($r = 0,28$; $P= 0,000$). Cette corrélation est également positive entre le nombre de tiges secondaires et le nombre de ramification ($r = 0,22$; $P= 0,000$). De plus, elle est fortement positive entre le nombre de ramification et la hauteur ($r = 0,55$; $P= 0,000$). En outre, cette corrélation est faiblement positive entre la hauteur et le nombre de tiges secondaires ($r = 0,14$; $P= 0,000$) puis entre le diamètre au collet et le nombre de ramification ($r = 0,12$; $P= 0,000$). Par contre, la corrélation est négative entre le diamètre au collet et le nombre de tiges secondaires ($r = - 0,11$; $P= 0,000$). Il faut mentionner que les paramètres de croissance des deux variétés de manioc évoluent dans le même sens et sont étroitement liés.

Tableau XXII : corrélations entre les paramètres de croissance de Bocou 1 et Yavo

Variabes	Hm	Nmts	Dmc	Nmr
Hm	1			
Nmts	0,14	1		
Dmc	0,28	- 0,11	1	
NmR	0,55	0,22	0,12	1

Hm : hauteur moyenne ; *Nmts* : nombre moyen de tiges secondaires ; *Dmc* : diamètre moyen au collet ; *Nmr* : nombre moyen de ramification.

- Les résultats de l'effet des variétés sur les paramètres de croissance des plants de manioc Bocou 1 et Yavo sont représentés par la figure 45 ci-dessous. Ces paramètres concernent la hauteur, le nombre de tiges secondaires (gourmands), de ramification et le diamètre au collet des plants à 8 mois après plantation. S'agissant de la hauteur (Figure 32A), du nombre de tiges secondaires (Figure 32B) et du diamètre au collet (Figure 32C), il n'existe aucune différence significative au niveau des deux variétés de manioc ($P > 0,05$). En ce qui concerne le nombre de ramification, l'analyse de variances des moyennes a révélé une différence significative au niveau de deux variétés ($P < 0,0001$). Ainsi, le nombre de ramification a été plus élevé chez la variété Bocou 1 et faible chez la variété Yavo (Figure 32D).

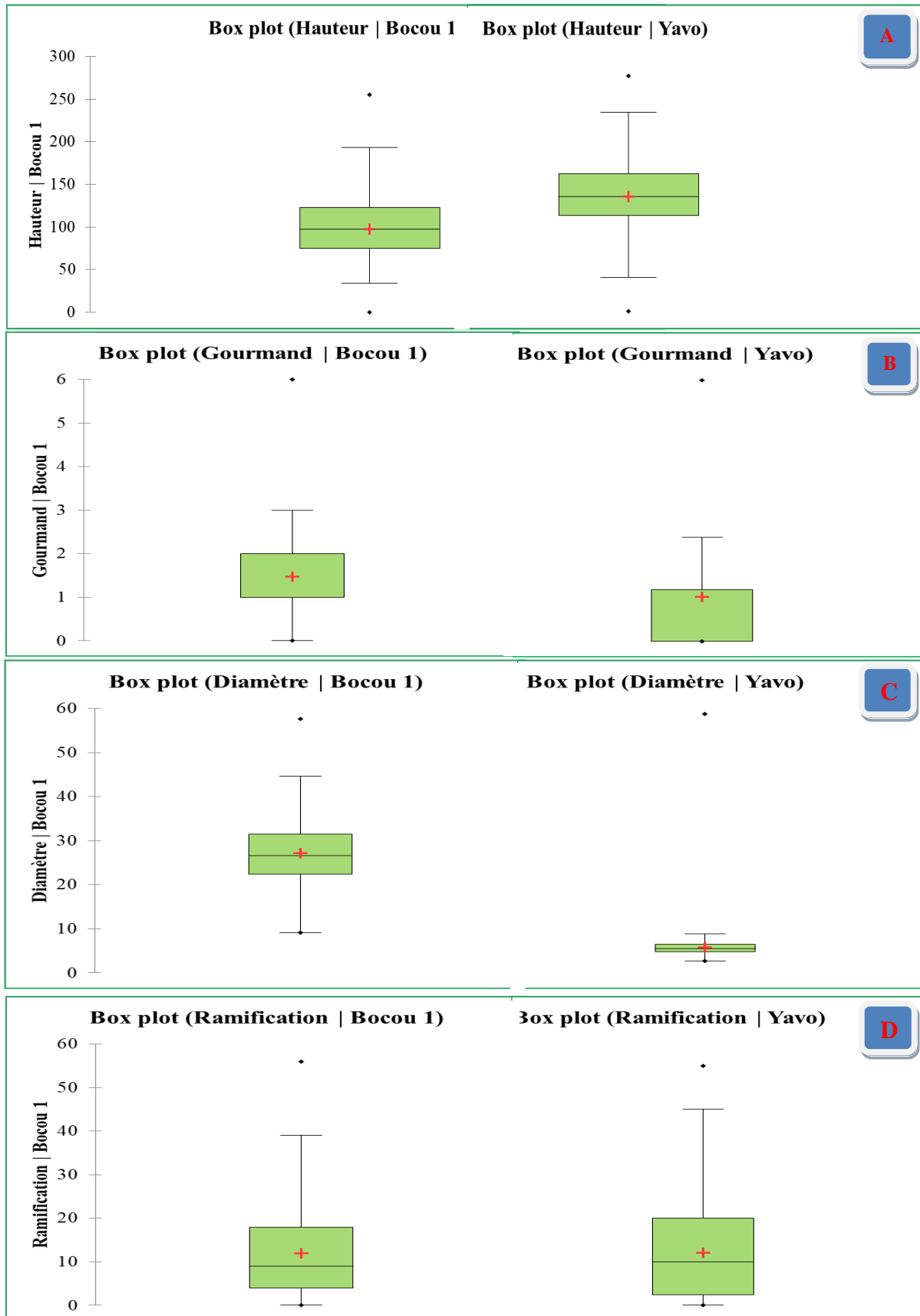


Figure 32: influence des traitements-variétés de manioc sur les paramètres de croissance

A : Hauteur des plants en fonction des variétés ; B : Nombre de tiges secondaires émis par les plants en fonction des variétés ; C : Diamètre des tiges principales des plants en fonction des variétés ; D : Nombre de ramification émis par les plants en fonction des variétés.

9.1.2. Effet des traitements sur les paramètres de production des plants de Bocou 1 et Yavo

- L'analyse des tableaux XXIII et XXIV indiquent qu'il y a un effet traitement hautement significatif sur le nombre de racines tubérisées produites des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo ($P = 0,0001$). S'agissant de la variété Bocou 1, le traitement T3S8 a induit le plus grand nombre de racines tubérisées (communément appelé tubercule) soit en moyenne 10 racines tubérisées par plants. Par contre, les plus faibles nombres de racines tubérisées sont observés avec les traitements T1S0, T0S1, T1S1, T1S4 et T0S5 (4 racines tubérisées par plant) (Tableau XXIII). Concernant la variété Yavo, le plus grand nombre de racines tubérisées produits par les plants est enregistré avec le traitement T2S8 avec en moyenne 9 racines tubérisées par plant de manioc traité alors que le plus faible nombre de racines tubérisées est donné par le traitement T2S5 (3 racines tubérisées) comparativement aux autres substrats (Tableau XXIII). Il ressort alors de ces résultats que le traitements T3S8 à base de NPK 10 18 18 (T3) et de 75 % terre + 25 % NPK 10 18 18 (S8) et T2S8 (T2 : balles de riz réduites en charbon ; S8 : 75 % terre + 25 % NPK 10 18 18) favorisent respectivement la tubérisation chez Bocou 1 et Yavo.

- Le tableau XXIV est relatif aux résultats de l'effet des fertilisants sur le diamètre et la longueur des racines tubérisées de Bocou 1 et Yavo. En effet, les valeurs des moyennes enregistrées sont statistiquement identiques pour ces deux paramètres au niveau des traitements et pour chaque variété de manioc étudiée ($P > 0,05$). Pour la variété Bocou 1, le diamètre des racines tubérisées se situe entre $72,3 \pm 29,83$ mm (T0S2) et $87,7 \pm 87,72$ mm (T2S6). Quant à la longueur de ces racines, elle varie de $34,7 \pm 15,09$ (T0S2) à $52,49 \pm 16,81$ mm (T3S5) (Tableau XXIV). Au niveau de la variété Yavo, les moyennes du diamètre des racines tubérisées par plant de manioc varient de $73,94 \pm 16,20$ mm (T0S1) à $101,1 \pm 12,34$ mm (T2S6) et une longueur moyenne variant de $36,06 \pm 8,70$ cm (T0S1) à $55,37 \pm 13,85$ cm (T3S8) (Tableau XXIV). Toutefois les traitements T3S8 (T3 : NPK 10 18 18 ; S8 : 75 % terre + 25 % NPK 10 18 18) et T2S6 (T2 : Fiente de poulets ; S6 : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon) favorisent plus la croissance en longueur et largeur des racines tubérisées des deux variétés de manioc.

Tableau XXIII : nombre de racines tubérisées de Bocou 1 et Yavo

Traitements	Nombre de racines tubérisées	
	Bocou 1	Yavo
T0S0	5,44 ± 2,78 ^{ab}	4,88 ± 1,90 ^{abc}
T0S1	4,55 ± 1,94 ^a	5,00 ± 1,65 ^{ab}
T0S2	5,22 ± 3,19 ^{ab}	6,33 ± 2,06 ^{abcd}
T0S3	7,33 ± 1,73 ^{ab}	4,88 ± 1,16 ^{abcd}
T0S4	7,00 ± 3,80 ^{ab}	5,55 ± 1,81 ^{abcd}
T0S5	3,88 ± 2,66 ^a	5,11 ± 1,45 ^{ab}
T0S6	5,55 ± 2,45 ^{ab}	7,33 ± 2,44 ^{abcd}
T0S7	5,88 ± 2,84 ^{ab}	6,55 ± 2,00 ^{abcd}
T0S8	6,77 ± 1,98 ^{ab}	6,77 ± 2,27 ^{abcd}
T0S9	6,22 ± 2,94 ^{ab}	6,22 ± 1,64 ^{abcd}
T1S0	4,00 ± 1,58 ^a	5,55 ± 2,06 ^{ab}
T1S1	4,55 ± 1,87 ^a	5,66 ± 1,73 ^{abc}
T1S2	6,33 ± 3,20 ^{ab}	6,66 ± 2,06 ^{abcd}
T1S3	7,11 ± 1,90 ^{ab}	7,11 ± 2,36 ^{abcd}
T1S4	4,66 ± 2,29 ^a	7,22 ± 2,58 ^{abcd}
T1S5	5,00 ± 1,65 ^{ab}	4,66 ± 1,11 ^{ab}
T1S6	7,77 ± 3,34 ^{ab}	7,33 ± 2,50 ^{abcd}
T1S7	7,44 ± 2,74 ^{ab}	7,33 ± 1,58 ^{abcd}
T1S8	6,00 ± 2,82 ^{ab}	6,77 ± 2,33 ^{abcd}
T1S9	6,22 ± 2,10 ^{ab}	8,11 ± 3,10 ^{abcd}
T2S0	7,11 ± 2,61 ^{ab}	6,22 ± 0,44 ^{abcd}
T2S1	9,22 ± 5,35 ^{ab}	5,22 ± 1,56 ^{abcd}
T2S2	6,55 ± 3,39 ^{ab}	6,44 ± 2,29 ^{abcd}
T2S3	8,22 ± 0,66 ^{ab}	6,33 ± 0,70 ^{abcd}
T2S4	6,88 ± 1,96 ^{ab}	6,66 ± 1,58 ^{abcd}
T2S5	5,55 ± 3,20 ^{ab}	3,66 ± 1,22 ^a
T2S6	7,44 ± 3,67 ^{ab}	7,00 ± 2,00 ^{abcd}
T2S7	9,44 ± 3,71 ^{ab}	5,88 ± 2,02 ^{abcd}
T2S8	7,44 ± 3,08 ^{ab}	9,00 ± 1,87 ^d
T2S9	6,88 ± 3,21 ^{ab}	7,88 ± 1,61 ^{abcd}
T3S0	8,44 ± 1,87 ^{ab}	6,22 ± 1,78 ^{abcd}
T3S1	6,66 ± 1,93 ^{ab}	6,77 ± 2,27 ^{abcd}
T3S2	9,55 ± 3,81 ^{ab}	7,66 ± 2,80 ^{abcd}
T3S3	7,55 ± 1,74 ^{ab}	6,66 ± 2,55 ^{abcd}
T3S4	8,44 ± 3,84 ^{ab}	6,88 ± 1,90 ^{abcd}
T3S5	7,77 ± 3,56 ^{ab}	7,22 ± 2,43 ^{abcd}
T3S6	7,11 ± 1,45 ^{ab}	6,77 ± 2,68 ^{abcd}
T3S7	7,11 ± 2,89 ^{ab}	6,88 ± 1,69 ^{abcd}
T3S8	10,00 ± 1,58 ^b	7,11 ± 1,69 ^{abcd}
T3S9	7,33 ± 4,24 ^{ab}	8,33 ± 2,64 ^{bcd}
P-value	0,0001	0,0001

Dans une colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes. **P** : Probabilité au seuil $\alpha = 0,05$; **S0** : Substrat 100 % terre ; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18) ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18). **T0** : Sans fertilisant ; **T1** : Fiente de poulets ; **T2** : Balles de riz réduites en charbon ; **T3** : N P K 10 18 18.

Tableau XXIV : diamètre et longueur des racines tubérisées des plants de manioc Bocou 1 et Yavo

Traitement	Diamètre racines tubérisées à 18 mois (mm)		Longueur racines tubérisées à 18 mois (cm)	
	Bocou 1	Yavo	Bocou 1	Yavo
T0S0	78,23 ± 42,78 ^a	86,27 ± 15,76 ^a	37,50 ± 20,26 ^a	45,00 ± 22,47 ^a
T0S1	75,72 ± 15,52 ^a	86,61 ± 12,23 ^a	38,18 ± 13,89 ^a	45,80 ± 13,62 ^a
T0S2	85,42 ± 21,26 ^a	100,61 ± 14,57 ^a	44,03 ± 21,84 ^a	52,48 ± 22,67 ^a
T0S3	80,66 ± 17,79 ^a	87,67 ± 20,14 ^a	45,70 ± 11,13 ^a	47,84 ± 10,66 ^a
T0S4	69,86 ± 15,87 ^a	73,94 ± 16,20 ^a	35,03 ± 13,07 ^a	36,06 ± 8,70 ^a
T0S5	78,26 ± 18,84 ^a	86,85 ± 10,32 ^a	35,16 ± 14,86 ^a	38,03 ± 12,27 ^a
T0S6	83,71 ± 20,63 ^a	94,62 ± 16,91 ^a	42,37 ± 15,43 ^a	45,88 ± 13,75 ^a
T0S7	78,13 ± 20,45 ^a	89,75 ± 21,16 ^a	40,10 ± 14,10 ^a	49,11 ± 8,36 ^a
T0S8	72,38 ± 29,83 ^a	76,63 ± 27,51 ^a	34,70 ± 15,09 ^a	43,06 ± 14,32 ^a
T0S9	79,01 ± 30,86 ^a	99,50 ± 20,83 ^a	36,68 ± 12,82 ^a	42,96 ± 6,25 ^a
T1S0	79,28 ± 20,71 ^a	96,50 ± 10,97 ^a	41,20 ± 12,39 ^a	47,52 ± 11,94 ^a
T1S1	87,48 ± 15,14 ^a	92,76 ± 13,40 ^a	51,44 ± 15,91 ^a	40,87 ± 6,59 ^a
T1S2	75,12 ± 22,70 ^a	84,56 ± 20,31 ^a	37,02 ± 15,44 ^a	37,68 ± 16,97 ^a
T1S3	81,87 ± 18,36 ^a	95,12 ± 9,53 ^a	42,53 ± 18,04 ^a	42,98 ± 18,45 ^a
T1S4	80,63 ± 14,77 ^a	92,08 ± 9,26 ^a	38,79 ± 14,21 ^a	36,58 ± 8,28 ^a
T1S5	87,63 ± 20,60 ^a	99,35 ± 14,77 ^a	39,98 ± 12,33 ^a	38,65 ± 7,57 ^a
T1S6	82,99 ± 15,08 ^a	90,72 ± 14,45 ^a	39,10 ± 13,85 ^a	38,81 ± 13,13 ^a
T1S7	80,53 ± 17,99 ^a	93,02 ± 15,62 ^a	39,92 ± 18,67 ^a	44,24 ± 20,63 ^a
T1S8	75,14 ± 13,54 ^a	81,10 ± 11,93 ^a	38,85 ± 11,15 ^a	39,24 ± 6,42 ^a
T1S9	82,01 ± 20,30 ^a	94,30 ± 16,89 ^a	46,59 ± 14,65 ^a	50,95 ± 14,51 ^a
T2S0	80,13 ± 18,76 ^a	93,73 ± 12,45 ^a	34,51 ± 12,13 ^a	38,86 ± 9,47 ^a
T2S1	76,88 ± 17,54 ^a	88,07 ± 10,67 ^a	41,25 ± 17,04 ^a	40,93 ± 15,72 ^a
T2S2	76,25 ± 18,76 ^a	91,27 ± 11,46 ^a	36,28 ± 10,56 ^a	38,12 ± 12,24 ^a
T2S3	86,71 ± 20,85 ^a	98,77 ± 14,47 ^a	40,59 ± 11,01 ^a	39,77 ± 6,41 ^a
T2S4	77,13 ± 21,31 ^a	91,26 ± 18,77 ^a	38,22 ± 9,34 ^a	40,67 ± 9,29 ^a
T2S5	81,74 ± 19,89 ^a	95,32 ± 12,02 ^a	46,74 ± 13,95 ^a	50,18 ± 17,28 ^a
T2S6	87,72 ± 18,42 ^a	101,01 ± 12,34 ^a	43,01 ± 22,53 ^a	41,38 ± 5,44 ^a
T2S7	84,37 ± 19,59 ^a	92,91 ± 21,24 ^a	42,12 ± 11,12 ^a	46,96 ± 12,33 ^a
T2S8	72,58 ± 16,65 ^a	75,73 ± 20,20 ^a	39,87 ± 17,18 ^a	46,45 ± 17,42 ^a
T2S9	80,81 ± 15,89 ^a	89,14 ± 12,18 ^a	38,57 ± 14,27 ^a	39,42 ± 15,14 ^a
T3S0	78,26 ± 19,45 ^a	93,27 ± 9,61 ^a	39,58 ± 11,83 ^a	42,08 ± 12,07 ^a
T3S1	78,65 ± 16,35 ^a	84,44 ± 18,16 ^a	37,36 ± 12,74 ^a	40,86 ± 15,15 ^a
T3S2	74,06 ± 16,62 ^a	86,14 ± 14,45 ^a	38,91 ± 16,23 ^a	46,94 ± 18,26 ^a
T3S3	81,03 ± 19,62 ^a	93,71 ± 13,66 ^a	40,47 ± 15,11 ^a	48,07 ± 15,80 ^a
T3S4	78,88 ± 21,60 ^a	91,77 ± 13,52 ^a	40,20 ± 14,41 ^a	46,10 ± 16,54 ^a
T3S5	76,06 ± 18,94 ^a	84,74 ± 9,93 ^a	52,49 ± 16,81 ^a	55,37 ± 13,85 ^a
T3S6	79,35 ± 15,75 ^a	85,43 ± 17,72 ^a	49,55 ± 23,09 ^a	51,85 ± 24,73 ^a
T3S7	76,12 ± 18,95 ^a	86,41 ± 19,23 ^a	45,64 ± 13,66 ^a	50,11 ± 11,80 ^a
T3S8	75,00 ± 20,66 ^a	91,22 ± 12,93 ^a	43,18 ± 11,50 ^a	46,32 ± 10,55 ^a
T3S9	78,65 ± 28,46 ^a	99,31 ± 10,55 ^a	42,94 ± 22,313 ^a	49,70 ± 22,96 ^a
P-value	0,692	0,083	0,112	0,092

Dans une colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres sont significativement identiques. **P** : Probabilité au seuil $\alpha = 0,05$; **S0** : Substrat 100 % terre ; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18) ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18). **T0** : Sans fertilisant ; **T1** : Fiente de poulets ; **T2** : Balles de riz réduites en charbon ; **T3** : N P K 10 18 18.

- Pour le poids frais des racines tubérisées, un effet traitement hautement significatif ($P=0,000$) est observé sur le poids frais des deux variétés de manioc expérimentées. Chez la variété Yavo (Tableau XXV), le poids frais le plus élevé est enregistré avec le traitement T3S2 (10 kg) alors que le plus faible poids est obtenu avec le traitement T0S5 (4 kg). En ce qui concerne la variété Bocou 1, le traitement T3S2 a induit le poids frais le plus élevé (10 kg). Par contre, le plus faible poids est donné par le traitement T1S0 (2 kg) par rapport aux autres traitements (Tableau XXV). Il ressort de cette analyse que le traitement T3S2 (T3 : NPK 10 18 18 ; S2 : 50 % terre + 50 % fiente de poulets) a augmenté le poids frais des racines tubérisées des variétés de manioc étudiées.

- Les résultats relatifs aux rendements en racines tubérisées fraîches des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo sont consignés dans le tableau XXVI. Les résultats obtenus sont extrapolés à l'hectare (densité : 5 plants / m²). L'analyse du tableau XXVI montre qu'il y a un effet traitement hautement significatif sur le rendement en racines tubérisées fraîches des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo ($P = 0,0001$). Au niveau de la variété Bocou 1, le rendement le plus élevé sont observés au niveau des traitements T3S2 (98,22 t/ha) et T3S8 (61,04 t/a) par rapport au témoin T0S0 (16,61 t/ha). Cependant, le plus faible rendement en tubercules a été produit par le traitement T1S0 (7,58 t/ha) comparativement au témoin T0S0 (16,61 t/ha). Les autres traitements ont induit des rendements moyens (Tableau XXVI). En ce qui concerne la variété Yavo, le traitement T2S8 a donné le rendement le plus élevé (91 t/ha) suivi par les traitements T1S9 et T3S9 respectivement 83,76 t/ha et 87,86 t/ha par rapport au témoin T0S0 (22,78 t/ha). Par contre, le traitement T2S5 a enregistré le plus faible rendement (16,56 t/ha) comparativement au témoin (22,78 t/ha) (Tableau XXVI). Il ressort de cette analyse que les rendements augmentent avec les traitements T3S2 (T3 : NPK 10 18 18 ; S2 : 50 % terre + 50 % fiente de poulets) chez la variété Bocou 1 et T2S8 (T2 : Balles de riz ; S8 : 75 % terre + 25 % NPK 10 18 18) au niveau de la variété Yavo.

Tableau XXV : poids frais des racines tubérisées des plants de manioc Bocou 1 et Yavo

Traitements	Poids frais des racines tubérisées (kg)	
	Bocou 1	Yavo
T0S0	3,05 ± 2,31 ^{abc}	4,66 ± 2,34 ^{ab}
T0S1	2,63 ± 1,47 ^{abc}	4,40 ± 1,84 ^a
T0S2	3,36 ± 1,97 ^{abc}	6,07 ± 3,11 ^{ab}
T0S3	4,59 ± 2,18 ^{abc}	4,77 ± 2,26 ^{ab}
T0S4	3,94 ± 2,04 ^{abc}	5,48 ± 1,83 ^{ab}
T0S5	2,13 ± 1,90 ^{abc}	4,36 ± 1,33 ^a
T0S6	3,17 ± 1,58 ^{abc}	7,46 ± 2,03 ^{ab}
T0S7	3,72 ± 2,35 ^{abc}	6,64 ± 1,69 ^{ab}
T0S8	2,66 ± 1,09 ^{abc}	7,84 ± 2,81 ^{ab}
T0S9	5,34 ± 4,33 ^{abc}	9,18 ± 4,38 ^{ab}
T1S0	1,89 ± 1,03 ^a	7,12 ± 2,68 ^{ab}
T1S1	2,02 ± 1,98 ^{ab}	5,97 ± 2,33 ^{ab}
T1S2	3,33 ± 2,05 ^{abc}	8,38 ± 3,30 ^{ab}
T1S3	3,84 ± 2,32 ^{abc}	7,88 ± 3,44 ^{ab}
T1S4	2,15 ± 0,77 ^{abc}	6,64 ± 2,52 ^{ab}
T1S5	2,70 ± 1,12 ^{abc}	5,25 ± 3,00 ^{ab}
T1S6	3,77 ± 2,34 ^{abc}	9,24 ± 2,91 ^{ab}
T1S7	4,65 ± 3,58 ^{abc}	6,78 ± 2,94 ^{ab}
T1S8	3,28 ± 2,44 ^{abc}	9,02 ± 4,40 ^{ab}
T1S9	3,38 ± 1,91 ^{abc}	10,32 ± 5,02 ^{ab}
T2S0	4,50 ± 3,54 ^{abc}	8,55 ± 3,19 ^{ab}
T2S1	5,39 ± 4,61 ^{abc}	7,32 ± 3,62 ^{ab}
T2S2	3,77 ± 2,98 ^{abc}	8,85 ± 3,76 ^{ab}
T2S3	5,55 ± 3,14 ^{abc}	6,26 ± 1,58 ^{ab}
T2S4	4,08 ± 2,37 ^{abc}	6,80 ± 2,89 ^{ab}
T2S5	2,45 ± 2,14 ^{abc}	4,51 ± 1,44 ^a
T2S6	4,78 ± 3,40 ^{abc}	9,12 ± 2,68 ^{ab}
T2S7	4,75 ± 3,66 ^{abc}	6,66 ± 3,10 ^{ab}
T2S8	3,80 ± 2,49 ^{abc}	10,11 ± 3,89 ^{ab}
T2S9	3,54 ± 2,40 ^{abc}	9,26 ± 3,27 ^{ab}
T3S0	4,75 ± 2,09 ^{abc}	7,81 ± 2,55 ^{ab}
T3S1	2,69 ± 1,89 ^{abc}	8,89 ± 3,87 ^{ab}
T3S2	10,27 ± 9,42 ^c	10,41 ± 3,57 ^{ab}
T3S3	5,23 ± 4,75 ^{abc}	8,60 ± 2,94 ^{ab}
T3S4	5,67 ± 2,86 ^{abc}	8,68 ± 2,49 ^{ab}
T3S5	5,59 ± 3,16 ^{abc}	6,68 ± 1,90 ^{ab}
T3S6	4,34 ± 2,28 ^{abc}	7,84 ± 2,90 ^{ab}
T3S7	4,10 ± 1,84 ^{abc}	6,22 ± 2,20 ^{ab}
T3S8	6,10 ± 2,28 ^{bc}	8,72 ± 3,39 ^{ab}
T3S9	4,49 ± 3,55 ^{abc}	10,54 ± 4,46 ^{ab}

Dans une colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes. **P** : Probabilité au seuil $\alpha = 0,05$; **S0** : Substrat 100 % terre ; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18) ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18). **T0** : Sans fertilisant ; **T1** : Fiente de poulets ; **T2** : Balles de riz réduites en charbon ; **T3** : N P K 10 18 18.

Tableau XXVI : rendements en t/ha de Bocou 1 et Yavo en fonction des traitements

Traitements	Rendement (t/ha)	
	Bocou 1	Yavo
T0S0	16,61 ^{ab}	22,78 ^{ab}
T0S1	11,99 ^{ab}	22,02 ^{ab}
T0S2	17,55 ^{ab}	38,49 ^{ab}
T0S3	33,68 ^{bc}	23,33 ^{ab}
T0S4	27,59 ^{abc}	30,46 ^{ab}
T0S5	8,30 ^a	22,31 ^{ab}
T0S6	17,62 ^{ab}	54,78 ^{bc}
T0S7	21,94 ^{ab}	43,55 ^{bc}
T0S8	18,05 ^{ab}	53,19 ^{bc}
T0S9	33,27 ^{abc}	57,16 ^{bc}
T1S0	7,58 ^a	39,59 ^{bc}
T1S1	9,21 ^a	33,84 ^{abc}
T1S2	21,24 ^{abc}	55,08 ^{bc}
T1S3	27,35 ^{abc}	56,09 ^{bc}
T1S4	10,03 ^{ab}	47,98 ^{bc}
T1S5	13,5 ^{ab}	24,52 ^{bc}
T1S6	29,32 ^{abc}	67,78 ^{bc}
T1S7	34,61 ^{bc}	49,74 ^{bc}
T1S8	19,7 ^{ab}	61,18 ^{bc}
T1S9	21,08 ^{abc}	83,76 ^{cd}
T2S0	32 ^{bc}	53,2 ^{bc}
T2S1	49,74 ^{bc}	38,26 ^{bc}
T2S2	24,43	57,06 ^{bc}
T2S3	45,69 ^{bc}	39,68 ^{bc}
T2S4	28,12 ^{abc}	45,33 ^{bc}
T2S5	13,62 ^{ab}	16,56 ^{bc}
T2S6	35,63 ^{abc}	63,85 ^{bc}
T2S7	44,87 ^{bc}	39,22 ^{bc}
T2S8	28,35 ^{abc}	91 ^d
T2S9	24,4 ^{abc}	73,1 ^{bcd}
T3S0	40,18 ^{bc}	48,6 ^{bc}
T3S1	17,94 ^{ab}	60,28 ^{bc}
T3S2	98,22 ^d	79,86 ^{bed}
T3S3	39,56 ^{bc}	57,33 ^{bc}
T3S4	47,95 ^{bc}	59,82 ^{bc}
T3S5	43,51 ^{bc}	48,3 ^{bc}
T3S6	30,9 ^{bc}	53,16 ^{bc}
T3S7	29,18 ^{bc}	42,9 ^{bc}
T3S8	61,04 ^{cd}	62,06 ^{bc}
T3S9	32,99 ^{bc}	87,86 ^{cd}
P-value	0,0001	0,0001

S0 : Substrat 100 % terre ; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balle de riz carbonisée ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18) ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18). **T0** : Sans fertilisant ; **T1** : Fiente de poulets ; **T2** : Balles de riz réduites en charbon ; **T3** : N P K 10 18 18.

- La figure 50 est relative aux résultats de l'effet des traitements et des variétés sur les paramètres de production. Ces paramètres concernent le diamètre, la longueur et le poids frais des racines tubérisées. Ainsi, l'analyse de la variance des moyennes montre un effet traitement-variété hautement significatif sur les paramètres de production des deux variétés de manioc ($P < 0,0001$). Pour le diamètre des racines tubérisées, les plus grosses racines tubérisées sont enregistrées chez la variété Yavo avec un diamètre moyen de 9 cm contre 6,8 cm au niveau de Bocou 1 (Figure 33A) ($P < 0,0001$). En ce qui concerne la longueur des racines tubérisées, la variété Bocou 1 a produit les plus courtes racines tubérisées (37 cm de long) alors que les plus longs sont observés chez Yavo (44 cm) (Figure 33A) ($P < 0,0001$). Au niveau du poids frais, l'analyse de la variance des moyennes indique que les racines tubérisées de Yavo pèsent plus que ceux de la variété Bocou 1 avec les valeurs respectives sont 7 kg et 4 kg (Figure 33A) ($P < 0,0001$). Concernant le nombre de racines tubérisées, aucune différence significative n'est observée au niveau des deux (02) variétés de manioc expérimentées. Ainsi, les plants de Bocou 1 et Yavo ont produit en moyenne six (06) racines tubérisées par plant (Figure 33B). Il faut signaler que la combinaison traitement-variété a un effet hautement significatif sur les paramètres de production des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo.

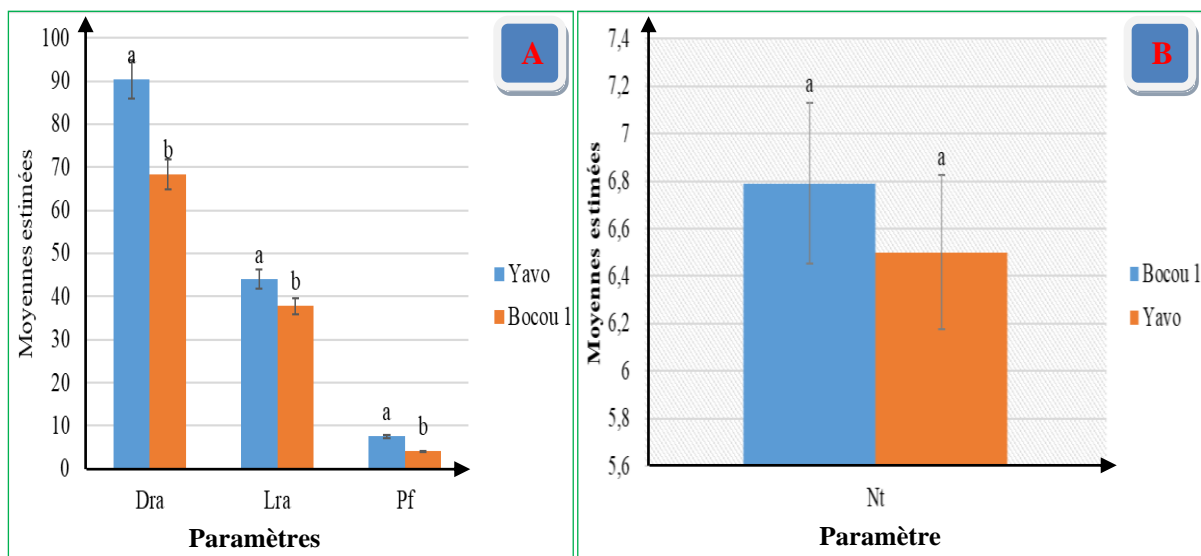


Figure 33 : influence des variétés de manioc étudiées sur les paramètres de production

Les moyennes de chaque traitement (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 LSD de Fisher. **Dra** : Diamètre racine tubérisée, **Lra** : Longueur racine tubérisée, **Pf** : Poids frais racine tubérisée, **Nt** : Nombre de racines tubérisées.

- Le test de corrélations réalisé entre les différents paramètres de production des deux variétés de manioc donne une probabilité $P < 0,0001$. Il existe donc des corrélations significativement

marquées entre les différentes variables. La corrélation est fortement positive entre le diamètre et le poids frais ($r = 0,53$; $P = 0,0001$), également entre la longueur et le poids frais ($0,57$) ainsi qu'entre le nombre de racines tubérisées et le poids frais ($r = 0,54$; $P = 0,0001$). Cependant, cette corrélation (positive) est faiblement marquée entre le diamètre et la longueur des racines tubérisées ($r = 0,21$; $P = 0,0001$) puis entre le nombre et le diamètre des racines tubérisées ($r = 0,10$; $P = 0,0001$) (Tableau XXVII).

Tableau XXVII : test de corrélation entre les paramètres de production

Variabes	Dmra	Lmra	Nmt	Pfm
Dmra	1			
Lmra	0,21	1		
Nmt	0,10	0,28	1	
Pfm	0,53	0,57	0,54	1

Dmra : Diamètre moyenne racine tubéreuse, *Lmra* : Longueur moyenne racine tubéreuse, *Nmt* : Nombre moyen de racines tubérisées, *Pfm* : Poids frais moyenne des racines tubérisées.

9.1.3. Compte d'exploitation de la production de racines tubérisées de manioc Bocou 1

Les coûts de production, les recettes de récoltes, le bénéfice net et les rentabilités de l'exploitation d'un hectare de la variété de manioc de Bocou 1 sont consignés dans le tableau XXVIII. L'analyse du tableau XXVIII indique le traitement T3S8 (T3 : NPK 10 18 18 ; S8 : substrat 50 % terre + 50 % NPK) a engendré le coût de production le plus élevé. L'application de ce traitement a nécessité à l'hectare une charge totale de 353 000 FCFA. Le traitement témoin (T0S0) a été le moins coûteux (155 000 FCFA) dans sa réalisation.

Le prix de vente moyen des racines tubérisées fraîches étant estimé à 380 FCFA/ kg a permis d'obtenir des recettes plus élevées avec le traitement T3S2 (37 323 600 FCFA) par rapport au témoin (T0S0) (6 311 800 FCFA). Par contre, le traitement T1S0 a induit la plus faible recette 2 880 400 FCFA comparativement au témoin (T0S0) (6 311 800 FCFA). En ce qui concerne le bénéfice net, l'analyse des résultats indique que les traitements fertilisants T3S2 et T3S8 ont favorisé les bénéfices les plus élevés avec les montants respectifs 37 016 600 FCFA et 22 842 200 FCFA par rapport au témoin T0S0 (6 156 800 FCFA). Le plus faible bénéfice est enregistré avec le traitement T1S0 (2 685 400 FCFA). S'agissant de la rentabilité financière, l'analyse du tableau XXVIII révèle que tous les traitements ont produit une rentabilité moyenne égale à 1. Il ressort de cette analyse que le traitement T3S2 (T3 : NPK 10 18 18 ; S2 : 50 % terre + 50 % fiente de poulets) augmente plus le bénéfice net en racines de manioc

Bocou 1 alors que le traitement T1S0 (T1 : fiente de poulets ; S0 : témoin : 100 % terre) est peu bénéfique.

Tableau XXVIII: produit d'exploitation moyen d'un hectare de manioc Bocou 1 en fonction des traitements

Traitements	Rdt (t/ha)	RE (FCFA)	CP (FCFA)	BN (FCFA)
T0S0	16,61	6311800	155000	6156800
T0S1	11,99	4556200	160000	4396200
T0S2	17,55	6669000	175000	6494000
T0S3	33,68	12798400	175000	12623400
T0S4	27,59	10484200	177500	10306700
T0S5	8,3	3154000	177500	2976500
T0S6	17,62	6695600	175000	6520600
T0S7	21,94	8337200	176250	8160950
T0S8	18,05	6859000	221000	6638000
T0S9	33,27	12642600	188000	12454600
T1S0	7,58	2880400	195000	2685400
T1S1	9,21	3499800	200000	3299800
T1S2	21,24	8071200	215000	7856200
T1S3	27,35	10393000	215000	10178000
T1S4	10,03	3811400	206250	3605150
T1S5	13,5	5130000	206250	4923750
T1S6	29,32	11141600	215000	10926600
T1S7	34,61	13151800	216250	12935550
T1S8	19,7	7486000	261000	7225000
T1S9	21,08	8010400	228000	7782400
T2S0	32	12160000	195000	11965000
T2S1	49,74	18901200	200000	18701200
T2S2	24,43	9283400	215000	9068400
T2S3	45,69	17362200	215000	17147200
T2S4	28,12	10685600	206250	10479350
T2S5	13,62	5175600	206250	4969350
T2S6	35,63	13539400	215000	13324400
T2S7	44,87	17050600	216250	16834350
T2S8	28,35	10773000	261000	10512000
T2S9	24,4	9272000	228000	9044000
T3S0	40,18	15268400	287000	14981400
T3S1	17,94	6817200	292000	6525200
T3S2	98,22	37323600	307000	37016600
T3S3	39,56	15032800	307000	14725800
T3S4	47,95	18221000	298250	17922750
T3S5	43,51	16533800	298250	16235550
T3S6	30,9	11742000	170200	11571800
T3S7	29,18	11088400	308250	10780150
T3S8	61,04	23195200	353000	22842200
T3S9	32,99	12536200	320000	12216200

BN : Bénéfice net ; *CP* : Coût de production ; *R* : Rentabilité ; *RE* : Recette ; *Rdt* : Rendement ; *S0* : Substrat 100 % terre ; *S1* : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; *S2* : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; *S3* : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; *S4* : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; *S5* : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; *S6* : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; *S7* : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; *S8* : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18) ; *S9* : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18). *T0* : Sans fertilisant ; *T1* : Fiente de poulets ; *T2* : Balles de riz réduites en charbon ; *T3* : N P K 10 18 18

9.1.4. Compte d'exploitation de la production de racines tubérisées de manioc Yavo

Le tableau XXIX est relatif au compte d'exploitation d'un hectare de racines tubérisées frais de manioc Yavo. L'analyse de ce tableau montre que le coût de production a été de 353000 FCFA avec le traitement T3S2 et peu coûteux avec le traitement T0S0 (sans fertilisant) (155000 CFA). Au niveau du prix de vente des racines tubéreuses fraîches estimé à 380 FCFA/ kg a permis d'obtenir des recettes plus élevées avec les traitements T2S8 et T3S9 respectivement 34 580 000 FCFA et 33 386 800 FCFA par rapport au témoin T0S0 (8 656 400 FCFA). Cependant, la plus faible recette est enregistrée avec le traitement T2S5 (6 292 800 FCFA).

Quant au bénéfice net, les traitements T2S8 et T3S9 ont produit plus de bénéfice par rapport au témoin (34 319 000 FCFA) avec les valeurs respectives de 34 319 000 FCFA et 33 066 800 FCFA tandis que le traitement T2S5 a engendré le plus faible revenu net avec un montant de 6 086 550 FCFA.

Concernant la rentabilité financière, l'analyse du tableau XXIX révèle que tous les traitements ont produit la même rentabilité moyenne égale à 1. Il ressort de cette analyse que le traitement T2S8 (T2 : Fiente de poulets ; S8 : 75 % terre + 25 % NPK 10 18 18) améliore plus le bénéfice net de la production de racines tubérisées de manioc Yavo.

9.1.5. Classification des traitements en fonction du bénéfice net

Les figures 34 et 35 sont relatives à la partition des traitements en fonction du bénéfice net. Au niveau de la variété Bocou 1, la classification hiérarchique a permis d'isoler trois (03) groupes. La première classe est constituée par le traitement T3S2 qui a induit le meilleur rendement et le meilleur bénéfice net. La deuxième classe est représentée par le traitement T3S8 avec un bénéfice net moyen. Le dernier groupe est constitué par les autres traitements ayant engendré les plus faibles bénéfices (Figure 34).

Concernant la variété Yavo (Figure 35), le dendrogramme a permis de distinguer cinq groupes. Le premier est composé des traitements T3S9 et T2S8 qui ont favorisé de bon rendement avec un bénéfice net plus élevé. Le deuxième est représenté par le traitement T2S9. La troisième classe est formée de vingt-huit traitements. Le traitement T2S5 constitue le quatrième groupe. Le cinquième groupe est composé de cinq traitements à savoir T1S5, T0S3, T0S5, T0S1 et T0S0.

Tableau XXIX : produit d'exploitation moyen d'un hectare de manioc Yavo en fonction des traitements

Traitements	Rdt (t/ha)	RE (FCFA)	CP (FCFA)	BN (FCFA)
T0S0	22,78	8656400	155000	8501400
T0S1	22,02	8367600	160000	8207600
T0S2	38,49	14626200	175000	14451200
T0S3	23,33	8865400	175000	8690400
T0S4	30,46	11574800	177500	11397300
T0S5	22,31	8477800	177500	8300300
T0S6	54,78	20816400	175000	20641400
T0S7	43,55	16549000	176250	16372750
T0S8	53,19	20212200	221000	19991200
T0S9	57,16	21720800	188000	21532800
T1S0	39,59	15044200	195000	14849200
T1S1	33,84	12859200	200000	12659200
T1S2	55,08	20930400	215000	20715400
T1S3	56,09	21314200	215000	21099200
T1S4	47,98	18232400	206250	18026150
T1S5	24,52	9317600	206250	9111350
T1S6	67,78	25756400	215000	25541400
T1S7	49,74	18901200	216250	18684950
T1S8	61,18	23248400	261000	22987400
T1S9	83,76	31828800	228000	31600800
T2S0	53,2	20216000	195000	20021000
T2S1	38,26	14538800	200000	14338800
T2S2	57,06	21682800	215000	21467800
T2S3	39,68	15078400	215000	14863400
T2S4	45,33	17225400	206250	17019150
T2S5	16,56	6292800	206250	6086550
T2S6	63,85	24263000	215000	24048000
T2S7	39,22	14903600	216250	14687350
T2S8	91	34580000	261000	34319000
T2S9	73,1	27778000	228000	27550000
T3S0	48,6	18468000	287000	18181000
T3S1	60,28	22906400	292000	22614400
T3S2	79,86	30346800	307000	30039800
T3S3	57,33	21785400	307000	21478400
T3S4	59,82	22731600	298250	22433350
T3S5	48,3	18354000	298250	18055750
T3S6	53,16	20200800	170200	20030600
T3S7	42,9	16302000	308250	15993750
T3S8	62,06	23582800	353000	23229800
T3S9	87,86	33386800	320000	33066800

BN : Bénéfice net ; **CP** : Coût de production ; **R** : Rentabilité ; **RE** : Recette ; **Rdt** : Rendement ; **S0** : Substrat 100 % terre ; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18) ; **S9** : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18). **T0** : Sans fertilisant ; **T1** : Fiente de poulets ; **T2** : Balles de riz réduites en charbon ; **T3** : N P K 10 18 18

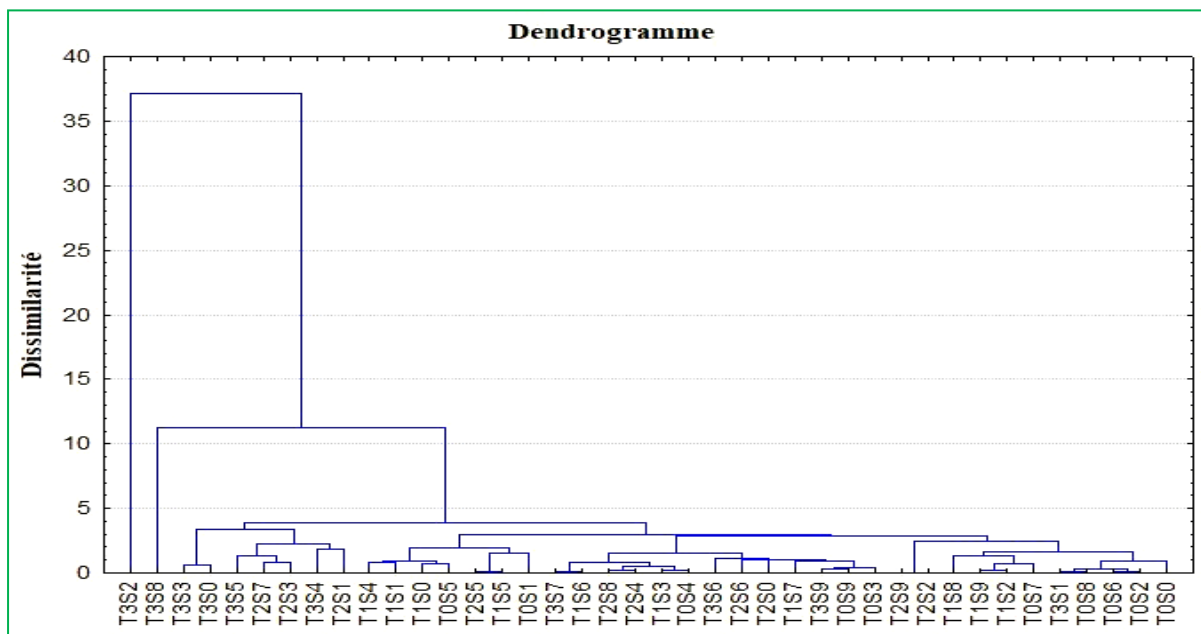


Figure 34 : partition des traitements de la variété de manioc Bocou 1 selon le bénéfice net

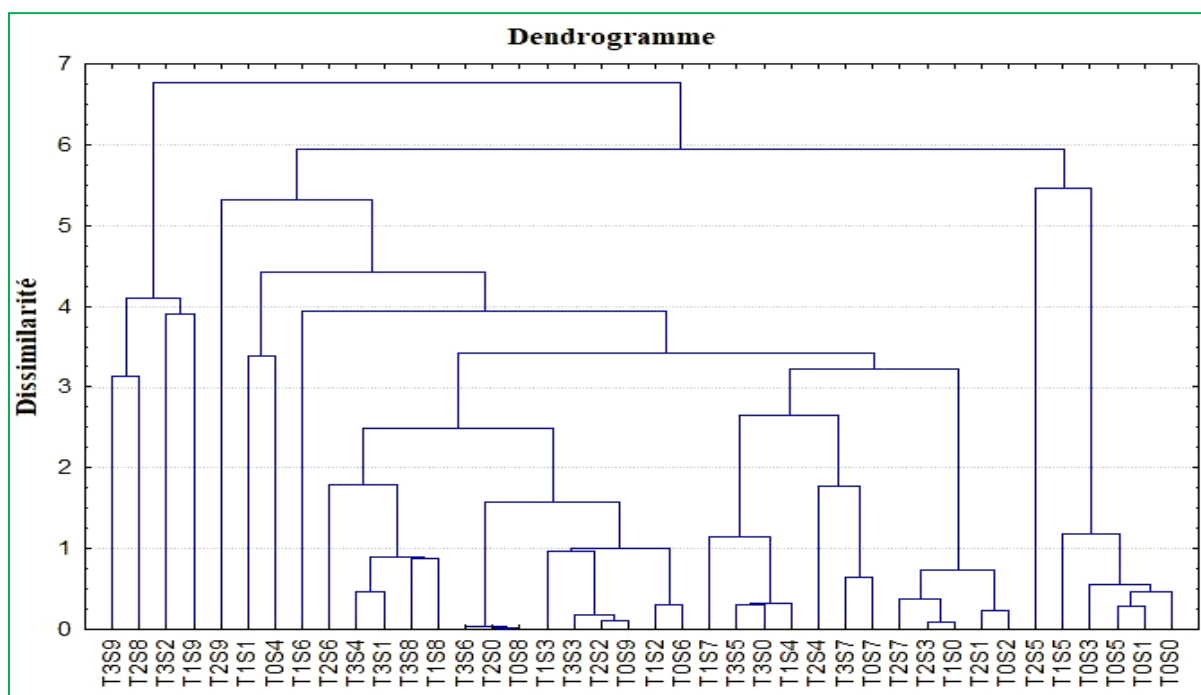


Figure 35 : partition des traitements de la variété de manioc Yavo selon le bénéfice net

S0 : Substrat 100 % terre ; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balle de riz carbonisée ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18) ; **S9** : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18). **T0** : Sans fertilisant ; **T1** : Fiente de poulets ; **T2** : Balles de riz réduites en charbon ; **T3** : N P K 10 18 18.

9.2. Discussion

Dans cette étude les traitements appliqués ont eu un effet positif sur les paramètres de croissance des deux variétés de manioc. Les traitements T2S6 (T2 : balles de riz réduites en charbon ; S6 : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon) et T0S4 (T0 : Sans fertilisant ; S4 : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets) ont favorisé plus la croissance en hauteur et en diamètre des plants de la variété Yavo avec les valeurs respectives 110 cm et 4,8 cm par rapport au témoin T0S0 (70,1 cm pour la hauteur et 2,5 cm pour le diamètre). Au niveau de la variété Bocou 1 les plants de grande taille ont été obtenus avec le traitement T2S3 (T2 : balles de riz réduites en charbon ; S3 : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon) (130 cm) par rapport au témoin T0S0 (69,1 cm), avec des plants de diamètre moyen statistiquement identique au niveau des différents traitements appliqués. Ces résultats seraient dus aux caractéristiques physico-chimiques des balles de riz réduites en charbon. En effet, l'effet favorable des balles de riz réduites en charbon sur la croissance des plants de manioc pourrait être dû à sa capacité à améliorer la structure du sol, la capacité de rétention en eau et son pH en favorisant l'assimilation du phosphore. Ce qui est en conformité avec les travaux de Alla (2020) sur les effets de la fertilisation à base de fiente de poulets et de pelure de banane sur les paramètres agromorphologiques et biochimiques des aubergines Klenda (*Solanum melongena* L.) et N'drowa (*Solanum aethiopicum* L.). Ce dernier a montré que la potasse de la pelure de banane plantain avait un pH alcalin qui pourrait neutraliser l'acidité du sol, augmenter la minéralisation de la matière et rendre les éléments minéraux comme l'azote et le phosphore disponible à la plante. De plus, les balles de riz réduites en charbon utilisées dans cette étude sembleraient contenir des éléments minéraux tels que le potassium, le magnésium et le calcium qui concourent au bon développement des plants de manioc. Ce qui est en accord avec les travaux de Leikam *et al.* (1983). Ils ont démontré qu'une nutrition adéquate en phosphore et en potassium peut augmenter la croissance de la culture. Par ailleurs, cette croissance en hauteur et en largeur est accompagnée d'une forte ramification et d'émission de tiges secondaires observées surtout au niveau de la variété Bocou 1 que la variété Yavo. Les résultats d'analyse ont également montré que les traitements T3S6 (T3 : NPK 10 18 18 ; S6 : substrat constitué de 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % Balles de riz réduites en charbon), T3S8 (T3 : NPK 10 18 18 ; S8 : substrat composé de 75 % terre + 25 % NPK 10 18 18) et T3S9 (T3 : NPK 10 18 18 ; S9 : substrat composé de 50 % terre + 50 % NPK 10 18 18) ont plus stimulé le nombre de tiges secondaires et de ramification des plants quelle que soit la variété de manioc étudiée par

rapport au témoin (T0S0). Ces résultats pourraient être dus à l'effet de l'azote, du phosphore et du potassium contenu dans la fiente de poulets, des balles de riz réduites en charbon et l'engrais minéral. De plus, ce sont des éléments minéraux majeurs dans la plante, voire indispensables à la croissance et au développement des plants. L'azote entre dans la croissance des plantes en favorisant le développement des feuilles et des tiges. Le phosphore joue un rôle déterminant dans le transfert de l'énergie en stimulant la croissance des végétaux (les racines, les jeunes plantes, la floraison, la photosynthèse). Quant au potassium, il est fortement fixé par le complexe absorbant, il se libère plus difficilement. Il a une action lente sur la croissance végétative. Le potassium est également utilisé par les plantes pour constituer leurs réserves en glucides et pour accroître leur vigueur et leur résistance à la sécheresse. Ce qui est en accord avec les travaux d'Eleiwa *et al.* (2012). Ces auteurs ont montré que la croissance végétative des plantes de pomme de terre est fortement liée à l'absorption des nutriments, surtout l'azote ainsi que le potassium et le phosphore qui jouent un rôle prépondérant dans le développement foliaire. En outre, l'étude a révélé qu'il existe des corrélations significativement marquées et positives entre les paramètres de croissance des plants. La hauteur, le diamètre, le nombre de ramification et de tiges secondaires sont étroitement liés et évoluent dans le même sens au niveau des deux variétés de manioc expérimentées. Ces observations sont en concordance à celles réalisées par Touckia *et al.* (2015) qui ont montré des corrélations positives et de forte intensité entre les paramètres de croissance de *Jatropha curcas*. En plus, la hauteur constitue un bon indicateur de la capacité photosynthétique et de la surface de transpiration, lesquelles sont étroitement corrélées avec le nombre des feuilles et de tiges. Toutefois, il faut retenir que la hauteur, le diamètre et de tiges sont étroitement liés et évoluent dans le même sens. L'étude a aussi révélé qu'il existe un effet traitement-variété sur les paramètres de croissance à savoir la hauteur et le diamètre au collet de la tige principale, le nombre de tiges secondaires et le nombre de ramification. En effet, les plants de Bocou 1 ont eu des diamètres plus gros avec un nombre de ramification élevé que ceux de la variété Yavo. Ces observations sont conformes à celles d'Akpingny & Koulou (2017). Ces derniers ont montré que la variété Bocou 1 se ramifie plus par rapport à Yavo. En outre, selon Bakayoko *et al.* (2013) les variétés qui ont une hauteur de ramification élevées ont tendance à présenter des plants de grandes tailles avec des tiges de gros diamètre. Cependant, les traitements appliqués ont amélioré aussi les paramètres de production tels que le nombre de racines tubérisées, le poids frais, le diamètre, la longueur et le rendement en racines tubérisées frais des deux variétés de manioc. Chez la variété Yavo, les traitements T2S6 (T2 : balles de riz réduites en charbon ; S6 : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 %

balles de riz réduites en charbon) et T2S8 (T2 : balles de riz réduites en charbon ; S8 : 50 % terre + 50 % NPK) ont amélioré respectivement le diamètre moyen des racines et le nombre de racines tubérisées avec les valeurs respectives 8,77 cm et 9 racines par rapport au traitement T0S0 (7,82 cm pour le diamètre moyen des racines et 5 racines). Les traitements fertilisants T3S5 (T3 : NPK 10 18 18 ; S5 : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon) et T3S2 (T3 : NPK 10 18 18 ; S2 : 50 % terre + 50 % fiente de poulets) ont occasionné une forte croissance et un poids frais plus élevés des racines par rapport au témoin (T0S0). Au niveau de la variété Bocou 1, les traitements T3S8 (T3 : NPK 10 18 18 ; S8 : 75 % terre + 25 % NPK 10 18 18) et T3S2 (T3 : NPK 10 18 18 ; S2 : 50 % terre + 50 % fiente de poulets) ont plus stimulé la longueur, le nombre et le poids frais des racines. Les plus gros diamètres ont été donnés par les plants traités avec les balles de riz réduites en charbon (T2S6). Ces résultats seraient favorisés par l'effet combiné des fumures organiques (fiente de poulets et balles de riz réduites en charbon) et de l'engrais minéral NPK 10 18 18. En outre, ces résultats pourraient aussi s'expliquer par le fait que les éléments nutritifs (N, P, K...) apportés par les fertilisants minéraux (NPK 10 18 18) et organiques (fiente de poulets et balles de riz réduites en charbon) ont bien été assimilés par les plants. Ces résultats sont aussi conformes à ceux de Toukourou & Carsky (2001), qui ont étudié la réponse du manioc à l'azote, au phosphore et au potassium sur la terre de barre de Hayakpa (Département de l'Atlantique). Selon Hassan *et al.* (2005), l'azote, le phosphore et le potassium constitueraient 80 % de nombreux composés génétiques et structuraux des plantes impliqués dans la synthèse des phytohormones (auxines et cytokinines). Ce qui est soutenu par Taiz & Zeiger (2002) dans leur étude sur l'auxine, hormone de croissance. En effet, ces auteurs ont montré que ces composés riches en azote et en carbones, sont responsables de la régulation de la croissance racinaire et foliaire. Par ailleurs, Loué (1977) a signalé que le potassium contribue à l'amélioration des calibres, tandis qu'une déficience en K entraîne une plus grande proportion de petits calibres. Les travaux de Njoku *et al.* (2001) et Kebdani *et al.* (2014) ont également montré que l'apport de N et de K sont essentiels à la production de patate douce. En ce qui concerne le rendement, les résultats ont révélé une différence significative entre les différents traitements apportés au niveau des deux variétés de manioc. L'apport des fertilisants minéraux et organiques a permis d'augmenter le rendement en racines tubéreuses fraîches des deux variétés de manioc. Chez la variété Bocou 1 le rendement le plus élevé a été obtenu avec le traitement T3S2 (T3 : engrais NPK 10 18 18 ; S2 : substrat composé de 50 % terre et 50 % fiente de poulets) avec 98,22 t/ha contre 16,61 t/ha pour le témoin T0S0. Le traitement T2S8 (T2 : balles de riz réduites en charbon ; S8 : substrat

constitué de 75 % terre et de 25 % NPK 10 18 18) s'est différencié des autres traitements au niveau de Yavo avec un rendement de 91 t/ha par rapport au témoin T0S0 (22,78 t/a). Ces résultats seraient vraisemblablement dus, soit à l'accessibilité directe des éléments nutritifs N, P et K apportés au sol par ces fertilisants soit dues aux effets conjugués des trois éléments N, P et K. Des résultats similaires ont été obtenus en Côte d'Ivoire sur le manioc (Bakayoko *et al.*, 2009) et dans d'autres pays (Borah *et al.*, 2010 ; Zoundi, 2012). De même Lompo & Belem (2012) ont obtenu au Burkina Faso, les meilleurs rendements et les poids frais de racines tubéreuses avec la formule minérale de N60P30K100 sur la patate douce. Selon Bationo & Mkwunye (1991) puis Bado *et al.* (1997), l'utilisation simultanée de la matière organique et des engrais minéraux réduit les pertes et favorise l'alimentation minérale et hydrique des cultures, conduisant ainsi à une augmentation des rendements. Également, Alla (2020) a démontré que cette association rendait plus disponible les éléments minéraux aux plantes d'aubergines, entraînant ainsi leur croissance et le bon développement de leurs organes végétatifs et fructifères. Par ailleurs, les différences de rendement en racines tubéreuses fraîches à la récolte (quinze mois après plantation), résulteraient de la différence de vitesse d'acheminement des réserves nutritives depuis les feuilles jusqu'aux racines (Bakayoko *et al.* 2007). En plus, chez le manioc, le développement des pousses feuillées intervient avec l'offre des matières élaborées (Osiru, 1990). Ces matières élaborées sont partagées entre les pousses et les racines tubérisées, ce qui conduit à une vive concurrence entre ces parties. Par conséquent, un indice foliaire optimum est indispensable pour assurer la meilleure tubérisation possible selon Bakayoko *et al.* (2013). De plus, le rendement des racines tubérisées du manioc pourrait dépendre de la capacité photosynthétique du couvert foliaire. Cette capacité qu'à la plante a transloqué les assimilés de la feuille à la racine et de leur capacité à les assimiler. Il est donc possible que l'assimilation de la photosynthèse transloquée aux racines ait pu contribuer aux rendements élevés des racines (Brobbe, 2015). Schafer (1999) dans ses travaux a également montré qu'un développement foliaire rapide et élevé est une condition nécessaire à l'obtention de rendements élevés en racines tubérisées. Les résultats de l'effet des fertilisants sur les paramètres de production ont montré qu'il existe des corrélations significativement marquées entre les paramètres de production. En effet, des corrélations positives ont été observées entre le poids frais des racines tubérisées et le diamètre des racines tubérisées puis entre le poids frais des racines tubérisées et la longueur des racines tubérisées. Ce qui signifierait que ces paramètres sont fortement liés puis évoluent dans le même sens. Cette corrélation pourrait aussi s'expliquer par le fait que le poids frais des racines tubéreuses dépendrait du diamètre et de la longueur des racines tubérisées. Ces

mêmes observations ont été faites par Kouadio *et al.* (2014) dans leurs travaux sur la variabilité physico-morphologique des racines tubéreuses de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées sur ferralsol en zone de forêt d'Afrique de l'Ouest. Ces derniers ont montré que tout facteur qui pourrait augmenter le diamètre et la longueur des racines tubérisées pourrait augmenter leur poids frais unitaire. Pareillement, pour tout facteur qui réduirait le diamètre et la longueur des racines tubérisées aurait sur le poids frais des racines tubérisées une influence négative. De plus, une corrélation positive fortement marquée a été observée entre le nombre et le poids frais des racines tubérisées. Ce qui signifierait que plus le nombre de racines tubérisées est élevé, plus le poids frais des racines tubérisées est élevé. Les résultats ont révélé que la longueur des racines tubérisées est faiblement corrélée au nombre et au diamètre des racines tubérisées. Une corrélation positive et faiblement marquée est également enregistrée entre le diamètre et le nombre de racines tubérisées. Ce qui pourrait se traduire par le fait que plus le nombre de racines tubérisées est élevé plus le diamètre des racines tubérisées est faible et vice versa. Cependant, un effet traitement-variété a été observé au cours de cette étude à travers les tests statistiques. L'étude de l'effet des traitements et des variétés a montré une différence significative entre la variété Bocou 1 et la variété Yavo. La variété Yavo a obtenu des valeurs plus grandes au niveau de tous les paramètres. Ce résultat s'expliquerait par le fait que la variété Yavo réagi favorablement aux différents traitements fertilisants appliqués. Cette différence pourrait être aussi due aux caractéristiques génétiques de chaque espèce. Cette même remarque a été faite par Kouamé *et al.* (2021) au cours de leurs travaux sur la fertilisation organique et minérale de deux variétés de gombo (*Abelmoschus esculentus* (L) Moench, Malvaceae) à Daloa, Côte d'Ivoire. Ces auteurs ont montré que l'influence des variétés de gombo sur les paramètres agronomiques serait due aux caractéristiques génétiques de chaque espèce. Également, dans une étude sur les variétés de piment au plateau des Batéké à Kinshasa, Muwo *et al.* (2018) ont affirmé que les écarts des rendements observés peuvent se justifier par les caractéristiques génétiques propres à chaque variété. Les auteurs Morehart *et al.* (1988) ont élaboré un ensemble de quatre ratios financiers servant au suivi et à la comparaison du rendement financier des exploitations agricoles américaines, au moyen des données tirées du Farm Costs and Returns Survey (une enquête sur les coûts et rendements agricoles) de 1986. Ces auteurs font remarquer que les ratios financiers servant à mesurer la solvabilité, les liquidités, la couverture, l'efficacité et la rentabilité peuvent donner aux agriculteurs, aux prêteurs, aux investisseurs, aux analystes et aux décideurs un point de vue exhaustif sur le rendement d'une exploitation agricole ou d'un groupe d'exploitations agricoles, ce qui peut contribuer à déterminer comment modifier le

rendement (John & Paul, 2005). Dans cette étude, l'analyse du compte d'exploitation de la production de racines tubérisées de manioc sur la base des traitements apportés, a révélé que le traitement T3S8 a été le plus coûteux (353000 FCFA). Les bénéfices nets les plus importants ont été obtenus avec les traitements T3S2 (37 016 600 FCFA) et T3S8 (22 842 200 FCFA) au niveau de la variété Bocou 1. Chez la variété Yavo, les bénéfices nets ont été enregistrés avec les traitements T2S8 (34 319 000 FCFA) et T3S9 (33 066 800 FCFA). De plus, quels que soient les apports effectués, les bénéfices nets ont été positifs, démontrant que la culture des deux variétés de manioc expérimentées a été très bénéfique car les recettes générées ont été supérieures aux coûts de production. De plus, la variété Yavo a été plus rentable que la variété Bocou 1 du fait de sa forte productivité et son prix de vente élevé. Selon Perrin *et al.* (1979) le bénéfice net ne suffit pas pour témoigner la rentabilité d'une pratique culturale. Dans l'étude intitulée « rendement du secteur du commerce de détail des aliments dans la chaîne agroalimentaire », les auteurs Smith & Trant (2002) ont examiné des mesures de rentabilité. Ces derniers ont rejeté le bénéfice net parce que le volume des ventes influe sur celui-ci.

9.3. Conclusion partielle

Au terme de cette étude sur l'évaluation de l'impact de la fertilisation minérale et organique sur les descripteurs agronomiques des plants-pépinière de manioc Bocou 1 et Yavo, il faut retenir que tous les traitements fertilisants ont influencé significativement les paramètres de croissance et de production des plants. Cependant, les traitements ont induit un meilleur accroissement des plants des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo. En outre, en termes de production, les meilleurs rendements en racines ont été obtenus avec les traitements fertilisants T3S2 et T3S8 chez la variété Bocou 1 puis avec T2S8 et T3S9 au niveau de la variété Yavo.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Conclusion générale et perspectives

Les résultats obtenus à l'issue de cette étude montrent bien que les fertilisations minérale et organique constituent l'une des solutions à l'amélioration de la fertilité du sol et l'un des facteurs principaux du rendement de la culture du manioc. Les résultats d'analyse physico-chimique des fertilisants organiques (fiente de poulets, balles de riz réduites en charbon et sciure de bois) montrent une bonne teneur en azote total et en carbone organique par rapport au sol du site expérimental. Ils possèdent un pH moyen de 6,83 très favorable pour fertiliser la culture de manioc. La fiente de poulets, les balles de riz réduites en charbon et la sciure de bois pourraient être utilisées en combinaison comme un fertilisant organique naturel efficace en complément avec l'engrais minéral NPK 10 18 18 pour accroître le rendement du manioc. L'apport des fertilisants organiques combinés à la terre du site expérimental en phase pépinière a permis, d'une part, une bonne régénération des miniboutures déshydratées des variétés de manioc Bocou 1 et Yavo puis d'autre part un meilleur accroissement des plants surtout ceux de la variété Yavo avec le substrat S6 à base 50 % terre + 25 % fiente de poulets 25 % balles de riz réduit en charbon. Cependant, l'apport de l'engrais minéral NPK 10 18 18 en combinaison avec la terre (S8 : 75 % terre + 25 % NPK 10 18 18) a inhibé la reprise des miniboutures ainsi que la croissance des plants.

L'apport des fertilisants organiques et de l'engrais minéral combinés en plein champ a permis d'améliorer significativement le rendement en racines tubéreuses fraîches de la variété Bocou 1 de 16,61 T/ha pour le témoin non traité (T0S0) à 98,22 T/ha pour le traitement T3S2 (T3: NPK 10 18 18 ; S2 : 50 % terre + 50 % fiente de poulets) puis chez la variété Yavo de 22,78 t/ha pour le pour le témoin non traité (T0S0) à 91 t/ha pour le traitement T2S8 (T2 : Balles de riz réduites en charbon; S8 : 75 % terre + 25 % NPK 10 18 18). Les traitements T3S2 et T2S8 peuvent générer des bénéfices nets estimé de 37 016 600 FCFA avec Bocou 1 et 34 319 000 FCFA avec Yavo respectivement après la vente des racines tubérisées fraîches.

Ainsi, la culture du manioc peut donc être considérée comme une opportunité rentable pour les producteurs ivoiriens. En conséquence, cette pratique agricole aboutirait à l'amélioration du pouvoir d'achat et du niveau de vie des petits agriculteurs en Côte d'Ivoire. Les résultats de cette étude pourront également contribuer à lutter contre l'insécurité alimentaire en Côte d'Ivoire.

Cependant, des études complémentaires et diversifiées peuvent être requises pour une bonne production des plants issus des miniboutures déshydratées de manioc, pour la satisfaction des besoins actuels et futurs des populations. Elles devront prendre en compte :

- la caractérisation biochimique et organoleptique des racines tubérisées issues des différents traitements fertilisants appliqués ;

Conclusion générale et perspectives

- la connaissance à long terme de l'effet des traitements sur la productivité des sols cultivés en reconduisant l'expérimentation sur la même parcelle ;
- l'évaluation des exportations des éléments minéraux du sol par les plants de manioc ;
- la détermination du profil pédologique du sol du site expérimental ;
- l'évaluation du développement racinaire des plants de manioc.

RÉFÉRENCES

- Adams B. A., Osikabor B., Abiola J. K. ., Jayeoba O. J. & Abiola I. O. (2003). Effect of different Growing Media on the Growth of *Dieffenbachia maculata*. In : Fasina AS, Olufolaji AO, Umeh VC (eds). *The Role of Horticulture in Economy Development of Nigeria. Proceedings of the 21st Annual Conference of the Horticultural Society of Nigeria, Held at School of Agriculture. Lagos State Polytechnic Sagamu's Road, Ikorodu, Lagos (Nigeria)*, 10-13.
- Adou D. L. (2012). L'économie de plantation et la dynamique de peuplement dans la région du Haut-Sassandra, Thèse de Doctorat unique, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 286 p.
- AFNOR (1986). Recueil de norme française, corps gras, graines oléagineuses, produit dérivé. Recueil des normes fondamentales, France, 527 p.
- Agbaje G. O. & Akinlosotu T. A. (2004). Influence of N P K fertilizer on tuber yield of early and late-planted cassava in a forest alfisol of south-western Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 3(20) : 547-551.
- Agbor E., Brauman A., Griffon D. & Treche S. (1995). Transformation Alimentaire du manioc (Cassava food processing). Edition ORSTOM. 750 p.
- Aka B. J., Boye M. A-D. & N'Gonian K. S. (2021). Optimisation de la phase juvénile de la tomate (*Solanum lycopersicon*) par l'utilisation de substrat biologique. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 57 (2) : 103-116.
- Akanza K. P. & Yao K. A. (2011). Fertilisation organo-minérale du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et diagnostic des carences du sol. *Journal of Applied Biosciences*, 46 : 3163-3172.
- Akanza P. K., N'Zué B. & Anguété K. (2002). Influence de la fumure minérale et de la litière de volaille sur la production du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, XIV (2) : 79 - 125.
- Aké A. L. (1984). Flore de la Côte d'Ivoire : Etude descriptive et biogéographique, avec quelques notes ethnobotaniques. Tome I, II, III. Thèse de Doctorat, Science Naturelle, FAST University, Abidjan (Côte d'Ivoire), 1205 p.
- Akpingny K. L & Koulou N. (2017). Fiche technico-économique du manioc. Edition ANADER, Côte d'Ivoire, 8 p.
- Alla K. T (2020). Effets de la fertilisation à base de fiente de poulets et de pelure de banane sur les paramètres agromorphologiques et biochimiques des aubergines Kalenda (*Solanum melongena* L.) et N'Drowa (*Solanum aethiopicum*). Thèse de Doctorat, en

- Biotechnologie, Biosécurité et Bioressources, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 162 p.
- Allen A. C. (2002). The origins and taxonomy of cassava. In *Hillocks R. J., Thresh M. J. & Bellotti A. C. Cassava : Biology, production and utilization*. Edition CAB International, Wallingford, Royaume-Uni, 1-16.
- AL Hassani T. A. & Persoon E. (1994). Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale, Edition HATIER - AUPELF - UREF, Paris, 544 p.
- Al-Maskri A. Y., Khan M. M., Khan I. A. & Al-Habsi K. (2003). Effect of accelerated ageing on viability, vigor (RGR), lipid peroxidation and leakage in carrot (*Daucus carota* L.) seeds. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5 (4): 80-84.
- Alves A. A. A. (2002). Cassava botany and physiology. In : *Hillocks R. J., Thresh M. J. & Bellotti A. C. Cassava : Biology, Production and Utilization*. Edition CAB International, Oxford, 67-89.
- ANPEA (2012). Filière fertilisation. Référence des bonnes pratiques agricoles, 157 p.
- AOAC (1990). Official methods of analysis, 15th End. Association of Official Analytical chemists, Washington, 774 p.
- Awono J. P. M., Boukong A., Mainam F., Yombo G., Tchoutang G. N. & Beyegue-D. H. (2002). Fertilisation des sols dans les monts Mandara à l'Extrême-Nord du Cameroun : du diagnostic aux recommandations. Colloque : Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis, Garoua, Cameroun, 1-11.
- Ayemou S. A. (2000). Etude du comportement variétal de nouveaux clones de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans la zone de Toumodi (Centre de la Côte d'Ivoire) : cas de Bringakro et Tontonou. Diplôme d'Etudes Approfondies, Agro-pédologie, Université d'Abidjan-Cocody (Côte d'Ivoire), 56 p.
- Ayodele O. J., Omotoso S. O. & Akinrinsola C. O. (2006). Phosphorus fertilizer use in melon (Egussi) seed production : effects on yield, oil and protein content and nutrient composition. *Agricultural Journal*, 1(4) : 216-220.
- Azontonde A. (1993). Dégradation et restauration des terres de barre (sols ferrallitiques faiblement désaturés argilo-sableux) au Bénin. *Cahier Orstom série pédologie*, XXVIII (2) : 217 - 226.
- Bacyé B., Moreau R. & Felleret C. (1998). Décomposition d'une poudrette de fumier incorporée dans un sol sableux de versant et un sol argilo-limoneux de bas-fond en milieu soudano-sahélien. *Étude et Gestion des Sols*, 5(2) : 83-92.
- Bado B., Sedogo M. P., Cescas M. P., Lompo F. & Bationo A. (1997). Effet à long terme des

- fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Agriculture*, 6 : 571-575.
- Baiyeri K. P. (2005). Response of Musa species to macro-propagation. 11 : The effects of genotype, initiation and weaning media on sucker growth and quality in the nursery. *African Journal of Biotechnology*, 4(3) : 229-234.
- Baize D. (2000). Guide des analyses en pédologie. 2^{ème} édition, INRA, Paris, 257 p.
- Bakayoko S., Soro D., N'Dri Be., Kouadio K. K. H., Tschannen A., Nindjin C., Dao D & Girardin O. (2013). Etude de l'architecture végétale de 14 variétés améliorées de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans le centre de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 61 : 4471-4477.
- Bakayoko S., Tschannen A., Nindjin C., Dao D., Girardin O. & Assa A. (2009). Impact of water stress on fresh tuber yield and dry matter content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *African Journal of Agricultural Research*, 4 : 021-027.
- Bakayoko S., Nindjin C., Dao D., Tschannen A., Girardin O. & Assa A. (2007). Fumure organique et productivité du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 19(3) : 271-279.
- Barussaud S. & Kouassi A. V. (2019). Emploi et revenu dans la chaîne de valeur du manioc en Côte d'Ivoire. Edition OIT, Genève (Suisse), 77 p.
- Bationo A., Kihara J., Vanlauwe B., Waswa B. & Kimetu J. (2007). Soil organic carbon dynamics, functions and management in west African agro-systems. *Agriculture System*, 94 : 13-25.
- Bégin G. (2008). Potentiel d'utilisation du bran de scie comme substrat de culture pour la tomate de serre : phytotoxicité, croissance et productivité. Mémoire de maîtrise, Université de Laval, Québec (Canada), 68 p.
- Biego G., Koffi K., Chatigre K., N'Doume C. & Kouadio L. (2010). Détermination des minéraux de sous-produits de cultures d'exportation et vivrières de Côte d'Ivoire. *Journal Sciences Pharmaceutiques et Biologiques*, 12(2) : 13-24.
- Boadou K. P. (2016). Influence des traitements hydrothermiques sur le profil biochimique des racines de manioc 'Yavo' (*Manihot Esculenta* Crantz) cultivées en Côte d'Ivoire. Mémoire de Master en Biochimie et Technologie des Aliments, UFR des Sciences et Technologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 72 p.
- Boisduval Dr. (1833). Faune entomologique de Madagascar de Bourbon et de Maurice, Paris, 91 p.

- Bolou G. A. (2021). Etalement urbain et accès aux services socio-collectifs dans la ville de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *DaloGéo*, n°005 : 26-46.
- Borah K. K., Bhuyan B & Sarma H. (2010). Assessment of Soil Fertility Status in and Around the Tea Gardens of Undivided Darrang District, Assam. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, vol 5 (1) : 5.
- Boughaba R. (2012). Etude de la gestion et valorisation des fientes par le lombricompostage dans la willaya de Constantine. Mémoire de Magister en Ecologie et Environnement, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de Biologie et Ecologie, Université de Mentouri, Constantine (Algérie), 98 p.
- Boumi D. M. (2020). Inventaire et identification des modes d'actions des insectes infestant les plants de manioc (*Manihot esculenta Crantz*) deux et huit mois après plantation dans la localité de Daloa : stratégie de lutte sectorielle. Mémoire de Master, en Bioressources et Agronomie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 68 p.
- Bourdoux P., Manita M., Banson A. & Ermans A.M. (1980). Cassava toxicity: the role of linamarin, In Role of Cassava. *In the Etiology of endemic goitre and cretinism*, Ermans A. M., Mbulamoko N. M., Delange F., Ahluwalia R., Ottawa. Edition IDRC, Canada : 133-152.
- Braima J., John Y., Peter N., Cudjoe A., Wester M., Nnamdi E. & Muaka T. (2000). Lutte contre les ravageurs du manioc. Guide de la pratique de lutte intégrée à l'usage des vulgarisateurs. Edition IITA, Nigéria, 36 p.
- Brobbrey A. (2015). Growth, yield and quality factors of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) lam) as affected by seedbed type and fertilizer application and utilization of root and tuber crops in Africa. Master of philosophy in agronomy department of crop and soil sciences Kwame Nkrumah University of Science and Technology (Kumasi), 95 p.
- Brou Y. T., Akindès F. & Bigot S. (2005). La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles. *Cahiers Agricultures*, 14 : 533-540.
- Brou K., Guy K., Nazaire Z. G., Pierre N., Boni Z., Claude A., Carine E., Koné D. & Sangaré A. (2015). Reconnaître les principales maladies fongiques, bactériennes et virales pour mieux protéger la culture du manioc en Côte d'Ivoire. Guide technique, 13 p.
- Bunt A. C. (1988). Media and mixes for container grown plants. A manual on the preparation and use of growing media for pot plants (2nd Edm). Uwing ayman Ltd, London, 307 p.

- N'Zué B., Djédji C., Zohouri G.P, Tahouo O. (2013). Bien cultiver le manioc en Côte d'Ivoire, CNRA version revue et corrigé 2013, 4 p.
- N'Zué B., Djédji C., Dibi K., Essis B., Kouakou A., Kouassi K., Zohouri G., Tahouo O (2015). Le point sur l'utilisation des épluchures de manioc dans l'alimentation des poulets de chair en Côte d'Ivoire. Rapport technique, 13 p.
<https://www.researchgate.net/publication/334680123>
- Carsky R. J. (2003). Response of cowpea and soybean to P and K on terre de barre soils in southern Bénin. *Agriculture Ecosystem Environnemental*, 100 : 241 - 249.
- Carter S. E., Fresco L. O., Jones P. G. & Fairbairn J. N. (1992). An atlas of cassava in Africa : Historical, agroecological and demographic aspects of crop distribution. Edition CIAT, Cali (Colombia), 85 p
- Chabalier P. F., De Kerchove V. V. & Macary H. S. (2006). Guide de la fertilisation organique à la Réunion. Edition CIRAD, Réunion (île de la Réunion), 302 p.
- Charles F. N., Paul T. T., Alfred G. D., Estella A. T., Salwa B., Nukenine E. N. & Ivan H. (2001) Cyanogenic potential in food crops and its implication in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4 : 926-930.
- CILSS (1987). Manuel pratique de la culture du manioc. Maisonneuve et Larose, 34 p.
- CMA/AOC (2004). Note technique sur le manioc dans la zone CMA/AOC, 1-15.
- Cock J. H., Franklin D., Sandoval J. & Juri P. (1979). The ideal cassava plant for maximum yield. *Crop Science*, 19 : 272 - 279.
- Cock J. H., Porto M. C. M. & El-sharkawy M. A. (1985). Water use efficiency of cassava. III. Influence of air humidity and water stress on gase exchange of field grown cassava. *Crop Science*, 25 : 265-272.
- Dauda S. N., Ajayi F. A & Ndor E. (2009). Growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus* as affected by poultry manure application. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and food Chemistry*, 8(4) : 305-311.
- Daujat A., Éveillard P., Hebert J. & Ignazi J-C. (2015). « ENGRAIS », *Encyclopædia Universalis*, 16 p.
- Delaune M., Reiffsteck M. & Feller C. (1991). L'analyse granulométrique de sols et sediment à l'aide du microgranulomètre "Sedigrap 5000 ET". Comparaison avec la méthode "pipette Robinson". *Cahier Orstom, série pédologie*, XXVI (2) : 183-189.
- Délaunois A., Ferrié Y., Bouche M., Colin C. & Riondé C. (2008). Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols, destiné aux agriculteurs et agronomes, Chambre d'Agriculture 81. Edition INRA, Montpellier, 37 p.

- Delot P. (2015). Balle de riz, Compilation d'éléments techniques en vue de son utilisation en isolation thermique, 26 p.
- Diakadi. (2009). Le manioc. <http://www.diakadi.com/en-savoir-plus/le-manioc.htm>. Consulté le 04/06/ 2019.
- Diby L. N., Hgaza V., Carsky R., Assa A., Tra T. B., Tschannen A., Girardin O. & Frossard E (2006). Etude de l'élaboration du rendement chez deux espèces d'igname (*Dioscorea spp*). Rapport d'activité 2004-2006, Abidjan (Côte d'Ivoire) : Centre Suisse de Recherche Scientifique, 147 p.
- Djeké D. M. (2002). Fertilisation organo-minérale : effet de la poudrette de porc et de la fumure minérale sur le développement des plants de palmier à huile cultivés en pépinière. Mémoire de DEA, Université d'Abobo-Adjamé, Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Nature, Abidjan (Côte d'Ivoire), 42 p.
- Dommergues Y. & Mangenot F. (1970). Ecologie microbienne du sol. In : *Promotion VONA Groupe I, 2007. Exposé de microbiologie sur les microbes du sol, Université d'Antananarivo Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques*. Edition Masson & Cie, Antananarivo, 68 p.
- Doumbia M., Berthe A. & Aune J. B. (2005). La Gestion Intégrée de Nutriments Végétaux au Mali. GCOZA Rapport N° 36 B, <http://www.drylands-group.org> (17/04/2012), 37 p.
- Doumbia S., Aman A. S., N'Zué B. & Djédji C. (2009). Etude d'impact ex-ante de nouvelles technologies du manioc en Côte d'Ivoire. Etude 1 : Trois technologies du manioc dans le département de Dabou (Sud Côte d'Ivoire). Projet DONATA, 47 p.
- Dulong (1971). Le manioc à Madagascar. *Agronomie Tropicale*, 26 (8) : 791-829.
- Duperiez H. (2007). Agriculture tropicale et exploitation familiales d'Afrique. Coédition Terre et Vie et CTA, Imprimerie Havaux-Nivelle-Belgique, ISBN 2-87105-021X, ISBN 92-9081310-5, 480 p.
- Edwards G. E., Sheta E., Moore B. D., Dai Z., Franceschi V. R., Cheng S. H., Lin C-H. & Ku M. S. B. (1990). Photosynthetic characteristics of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), a C₃ species with chlorenchymatous bundle sheath cells. *Plant Cell Physiology*, 31 : 1199-1206.
- Egle K. (1992). Etude de la variabilité des composantes du rendement du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, var 312-524) en fonction de la fertilité du sol. Mémoire d'ingénieur agronome, Option : Production Végétale, 122 p.
- Ekanayake I. J., Osiru D. S. & Porto M. C. M. (1997). Morphology of cassava. IITA Research

- Guide, Ibadan (Nigeria), 30 p.
- Eleiwa M. E., Brahim. S. A. & Mohamed M. F. (2012). Combined effect of NPK levels and foliar nutritional compounds on growth and yield parameters of potato plants (*Solanum tuberosum* L.) *African Journal of Microbiology Research*, 6 (24) : 5100-5109.
- El-Sharkawy M. A. & Cock J. H. (1984). Water use efficiency of cassava. I. Effects of air humidity and water stress stomatal conductance and gase exchange : *Crop Science*, 24 : 497-502.
- El-Sharkawy M. A., Cock J. H. & Held A. A. K. (1984). Water use efficiency of cassava. II. Differing sensitivity of stomata to air humidity in cassava and other warm-climate species. *Crop Science*, 24 : 503-507.
- El-Sharkawy M. A. & Cock J. H. (1986). The humidity factor in stomatal control and its effect on Crop productivity. In *Biological Control of Photosynthesis*. Marcelle R., Clijster. H. et Van Poucke M :187-198.
- El-Sharkawy M. A. & Cock J. H. (1990). Photosynthesis of cassava (*Manihot esculenta*). *Expérimentale Agriculture*, 26 : 325-340.
- EL Hassani T. A. & Persoon E. (1994). Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. Edition HATIER - AUPELF - UREF, Paris, 544 p.
- FAO (2000). Défendre la cause du manioc, 3 p. [http : // faostat.fao.org / faostat / collections ? version](http://faostat.fao.org/faostat/collections?version), consulté le 13/11/2019.
- Eric N. (2013). Produire plus avec moins : le manioc. Le manioc, une culture du XXI^e siècle. FAO, Rome (Italie). 3 p.
- Martin A., Jennifer H., Daniel K., Godrick K., Celestin K. N., Cyprien N. N. & Wilson O. A. (2014). Champs-écoles paysans sur le manioc. Ressources à l'intention des facilitateurs d'Afrique sub-saharienne. FAO, Rome (Italie),136 p.
- Fargette D., Fauquet C. & Thouvenel J-C. (1988). Yield losses induced by African cassava mosaic virus in relation to the mode and date of infection. *Tropical Pest Management*, 34 : 89-91.
- Fauquet C. M. & Tohme J. (2008). Global cassava partnership for 21st century for genetic improvement. In : *Annual meetings abstracts*. Danforth Plant Center, ILTAB, St Louis (USA), 14 p.
- Feller C & Milleville P. (1997). Évolution des sols de défriche récente dans la région des terres Neuves (Sénégal Oriental). Première Partie : Présentation de l'étude et évolution

- des principales caractéristiques morphologiques et physico-chimiques. *Cahier Orstom Série Biologie*, 12 (3) : 199-211.
- Fortin J., Desmarais G., Assovie O. & Diallo M. (1998). L'attiéké, couscous de la Côte d'Ivoire. *Dans le Monde alimentaire*, Côte d'Ivoire : 22 - 24.
- Frappa C. (1938). Les insectes nuisibles au manioc sur pied et aux racines tubérisées de manioc en magasin à Madagascar. *Revue de Botanique Appliquée et Agriculture Coloniale*, 18 (197) : 17-21.
- Gaebewe M. R. (1999). The phosphorus and nitrogen nutrition of bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) verdc.] in Botswana soils. Ph D thesis. Wageningen (Netherlands) : Wageningen Agriculture University, 101 p.
- Gérard S., Jean P., Raffailac. & Carlos C. (1992). Le manioc. Fonds documentaire IRD. Montpellier, France : 271-308.
- Gentsch N., Mikutta R., Alves R. J. E., Barta J., Capek P., Gittel A., Hugelius G., Kuhry P., Lashchinskiy N., Palmtag J., Richert A., Santrucková H., Schneckner J., Shibistova O., Urich T., Wild B. & Guggenberger G. (2015). Storage and transformation of organic matter fractions. *In cryoturbated permafrost soils across the Siberian Arctic, Biogeosciences*, 12 : 4525-4542.
- Giller K. E., Cadisch G. & Palm C. (2002). The North-South divide : Organic wastes or resources of nutrient management. *Agronomy*, 22 : 703-709.
- Gogbeu S. J. (2002). Effet du temps d'application du phosphore sur quelques paramètres phénologiques et la production des morphotypes GB et RB de *Vigna subterranea* (L.) (Fabaceae). Mémoire de Maîtrise, Université d'Abobo-Adjamé, Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Nature, Abidjan (Côte d'Ivoire), 28 p.
- Guibert H., M'Biandoun M. & Olina J. P. (2002). Productivité et contraintes des systèmes de culture au Nord-Cameroun *In : Jamin J. Y., Seiny B. L., Floret C. Edition, « Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis »*. Actes du colloque, Mai, 2002, Garoua (Cameroun), 9 p.
- Guillaumet J. L & Adjanohoun. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. *In : le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Avenard J. M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J. L., Adjanohoun E. & Pernaud A.* Mémoires ORSTOM n°50, Paris, France : 161-263.
- Hahn S. K., Terry E. R., Leuschner K., Akoeundu I. O., Okali C. & LAL R. (1979). Cassava improvement in Africa. *Field Crops Research*, 2: 193-226.

- Hangy & Mahungun M. (2014). Identification et gestion des ravageurs du manioc en république démocratique du Congo, 25p.
- Hassan S., Thomas R. L., Shaban A., Kawass I. & Khawlie. (2005). Phosphorus and nitrogen in the waters of the El-Kabir River watershed in Syria and Lebanon. *Lakes & Reservoirs : Research & Management*, 10 : 109-116.
- Hauser S., Wairegi L., Charles L. A. A., Damian O. A., Jokthan G. & Ugbe U. (2014). Guide de culture du manioc. Consortium africain pour la santé des sols, Nairobi, 68 p.
- Hien E., Ganry F., Hien V. & Olivier R. (2002). Dynamique du carbone dans un sol de savane du Sud-ouest Burkina sous l'effet de la mise en culture et des pratiques culturales. *In : Jamin J. Y., Seiny B. L., Floret C.* Edition « Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis ». Actes du colloque, Mai, 2002, Garoua (Cameroun), 11 p.
- Hien V. (2002). La matière organique dans les sols en zone soudano-sahélienne. *In : « dégradation des sols au sahel, méthodes et techniques de lutte »*. Actes du séminaire, Niamey (Niger) : 83-91.
- Hikersbay. (2022). Climat et météo annuelle à Daloa 2022. hikersbay.com/climate/cote-divoire/daloa. Consulté, le 13/01/2023.
- Hubert G., Schaub C. (2011). La fertilisation des sols. L'importance de la matière organique. Chambre d'agriculture, Bas-Rhin. Service Environnement Innovation, 46 p.
- IITA (1990). Le manioc en Afrique tropicale un manuel de référence. Ibadan, Nigéria, 204 p.
- IITA (2014). Multiplication de matériel de plantation de manioc et gestion des maladies et ravageurs. Module 1, 4-13.
- Ilunga T. H., Banza M. J., Lukusa M. L., Mukunto K. I., Malonga H. L., Kanyenga L. A. & Nyembo K. L. (2018). Influence du moment d'application du NPK sur la croissance et le rendement du maïs (*Zea mays* L.) installé sur un ferralsol. *Journal of Applied Biosciences*, 127 : 12794-12803.
- IRAD (2013). Augmentation de la productivité du manioc et diffusion des semences améliorées. Projet C2D manioc. République du Cameroun, 44 p.
- ITAVI & ITP. (2005). Institut Technique de l'aviculture et Institut Technique du Porc. Etude du marché des fertilisants organiques ; étude réalisée pour le compte de l'OFIVAL (Office Interprofessionnel de Viande France), 55 p.
- James B., John Y., Peter N., Cudjoe A., Wester M., Nnamdi E. & Muaka T. (2000). Lutte contre les ravageurs du manioc. Guide de la pratique de lutte intégrée à l'usage des vulgarisateurs. Edition IITA, Nigéria, 36 p.

- Janin P. (2001). L'insécurité alimentaire rurale en Côte d'Ivoire : une réalité cachée, aggravée par la société et le marché. *Cahiers Agricultures*, 10 : 233 - 241.
- Jennings D. L. & Iglesias C. (2002). Breeding for crop improvement. In : *Hillocks R. J., thresh M. J., Bellotti AC. editions. Cassava : Biology, production and utilization. CABI international*, Oxford : 149-166.
- Jennings D. L. (1970). Cassava in Africa. *Field Crop Abstracts*, 23(3): 271-278.
- John C. & Paul M. (2005). La rentabilité en agriculture : taux de rendement et comparaison avec les autres secteurs (I-E). Document présenté à la Conférence économique de Statistique Canada, 36p.
- Justin K, Samuel N. N., Catherine P-I., Aman M. P. & Kukom E. O. (2015). Production et transformation du manioc. *Collection PRO-AGRO*, 5 p.
- Kebdani B. & Missat L. (2014). Etude de l'influence de type de la fertilisation et l'apport de fumure sur la culture de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L). Mémoire de Master II en Agronomie, Option production et amélioration végétales, Université Abou Bekr Belkai (Tlemcen), 83 p.
- Kiba D. I. (2012). Diversité des modes de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la qualité des sols et la production des cultures en zones urbaine, péri-urbaine et rurale au Burkina Faso. Thèse de Doctorat unique, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 172 p.
- Klug. (1833). *Insecten von Madagaskar*, Berlin, 166 p.
- Koala L. (2012). Fabrication manuelle de briquette de balles de riz et évaluation des performances du foyer amélioré a balle de riz. Mémoire de fin de cycle présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural, Option : eaux et forêts. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 103 p.
- Koffi B. C. Y. & Kra K. S. (2013). La région du Haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire. Institut de Géographie Tropical, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, Abidjan (Côte d'Ivoire), 9 p.
- Konkole M. A. W. (2011). Étude des effets de la production irriguée du manioc (*Manihot esculenta* Crantz.) sur la fertilité des sols : cas des périmètres irrigués de Bon, de Savili et de Tanghin Wobdo. Mémoire de fin de cycle, option : agronomie, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 75 p.
- Koua G. Y. A. (2013). Caractérisation physico-chimique et biochimique de pates et farines de

- racines de nouvelles variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) à chairs colorées introduites en Côte d'Ivoire : Potentialités de production et d'utilisation. Thèse de Doctorat unique, spécialité Biochimie-Sciences des Aliments de l'Université Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire), 151 p.
- Kouadio K. K. H., Ettien D. J. B., Bakayoko S., Soro D. & Girardin O. (2014). Variabilité physico-morphologique des racines tubéreuses de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées sur ferralsol en zone de forêt d'Afrique de l'Ouest. *Journal of Applied Biosciences*, 82 : 7316-7325.
- Kouakou A. D. (2020). Evaluation de l'impact des substrats de conservation sur les paramètres morphométriques de *Rhynchophorus phoenicis*. Mémoire de Licence en science de la Vie et de la Terre, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé Daloa, Cote d'Ivoire ,15p.
- Kouakou J., Samuel N. N., Catherine P-I., Aman M. P. & Kukom E. O. (2015). Production et transformation du manioc. Production manioc. Edition CTA, Cameroun, 139 p.
- Kouakou K. E., Kréman K., Kouao B. J., Kouassi N. C. & Tahouo O. (2014). Le point sur l'utilisation des épiluchures de manioc dans l'alimentation des poulets de chair en Côte d'Ivoire. In : *Le CNRA en 2014*. Edition CNRA, Côte d'Ivoire : 14-15.
- Kouakou K. T. (2002). Effet de la litière de volaille et du fumier de bovin sur quelques paramètres de croissance de voandzou (*Vigna subterranea* L. Verdc). Mémoire de Maîtrise, Université d'Abobo-Adjamé, Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Nature, Abidjan (Côte d'Ivoire), 21 p.
- Kouamé N., Beugré M. M., Kouassi N'D. J. & Yatty K. J (2021). Réponse à la fertilisation organique et minérale de deux variétés de gombo (*abelmoschus esculentus* (l) moench, malvacea) à Daloa, Côte d'Ivoire. *International Journal Advenced Reaserch*, 9(06) : 51-60.
- Kouamé B., Koné D. & Yoro G. R. (2006). La pluviométrie en 2005 et 2006 dans la moitié Sudde la Côte d'Ivoire. Bulletin le CNRA en 2006, document technique : 12-13.
- Kouamé N., Tra bi H. F., Etien T. D. & Traoré D. (1998). Végétation et flore de la forêt classée du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire, 8 p.
- Kra K. D. (2002). Effet de différentes doses d'azote sur quelques paramètres de croissance et de production de deux morphotypes de pois de terre [*Vigna subterranea* (L.) verdc. (Fabaceae)]. Mémoire de maîtrise, Université d'Abobo-Adjamé, Unité de Formation et recherche des Sciences de la Nature, Abidjan (Côte d'Ivoire), 28 p.

- Lahai M. T., Ekanayake I. J. & George J. B. (2003). Leaf chlorophyll content and tuberous root yield of cassava in inland valley. *African Crop Science Journal*. 11 : 107-117.
- Lakhdhar A., Rabhi M., Ghnaya T., Montemurro F., Jedidi N. & Abdelly C. (2009). Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Journal of hazardous materials*, 171 (1) : 29-37.
- Lamhamedi M. S., Fortin J. A., Ammari Y., Ben J. S., Poirier M., Fecteau B., Bougacha A. & Godin L. (1997). Evaluation des composts, des substrats et de la qualité des plants (*Pinus pinea*, *Pinus halepensis*, *Cupressus sempervirens* & *Quercus suber*) élevés en conteneurs. Projet Banque mondiale N°3601. Direction Générale des Forêts, Tunisie. Pampev Internationale, Montréal, Canada. 121 p.
- Legg J. P., Gibson R. W & Otin-Nape G. W. (2004). Genetic polymorphism amongst Ugandan populations of *Bemisia (Gennadius)* (Homoptera : Aleyrodidae), vector of *African Cassava Mosaic Geminivirus*. *Tropical Science*, 34 : 73-81.
- Leikam D. F., Murphy L. S., Kissel D. E., Whitney D. A. & Mserh H. C. (1983). Effect of nitrogen and phosphorus chorus application and nitrogen source in winter wheat grand yield and leaf tissue phosphorus. *Soil Science AMG*, 530-535.
- Llovera E. (1995). Fonctionnement de l'appareil photosynthétique chez le manioc en condition de disponibilité en eau limitante. Maîtrise de Chimie et Biologie végétale, Université de Perpignan, 3 p.
- Lompo F. & Belem J. (2012). Promotion of orange-fleshed sweet potato to control vitamin A and antioxidant deficiencies in Burkina Faso. Annual report Year 3 Oct. 11-Sept. 67 p.
- Loué A. (1977). Fertilisation et nutrition minérale de la pomme de terre Mulhouse : S. C. P. A (direction technique), 147 p.
- Luzembo M. F. (2015). Analyse de la qualité par le système HACCP des cossettes de manioc produites à Kisantu au sein de la fondation LZB. Mémoire Online, Graduat en sciences agronomiques, Université Pédagogique Nationale, Kisantu, République Démocratique du Congo, 33 p.
- Mahungun M., Tata H. K. W., Bidiaka S. M. & Frangoie A. (2014). Les principales maladies du manioc en République Démocratique du Congo et les moyens de lutte. Multiplication de matériel de plantation de manioc et gestion des maladies et ravageurs. Edition IITA, Kinshasa, République Démocratique du Congo, 16 p.
- Maltas A. & Sinaj S. (2013). Effets des cendres de bois de central Enerbois sur les propriétés du sol, le rendement des cultures et la qualité des récoltes. *Agroscope*, 63 p.

- Martin A., Jennifer H., Daniel K., Godrick K., Celestin K., Cyprien N. & Wilson O. (2014). Champs-écoles paysans sur le manioc : Ressources à l'intention des facilitateurs d'Afrique sub-saharienne, 127 p.
- Marsden. C (2018). Importance de la matière organique du Sol. In : *Rôles de la faune du sol dans la dynamique des matières organiques et des éléments nutritifs*. Edition SupAgro-UMR Ecologie et Sols. Journée scientifique « Sols et matière organique : comprendre pour agir », 20 septembre 2018, Montpellier (France), 19 p.
- Maurer M. (2004). Le BIOGAZ en Alsace : Potentiel, étude économique, *énergiewie*, 123 p.
- Médard R., Sell Y. & Barnola P. (1992). Le développement du bourgeon axillaire du *Manihot esculenta*. *Canadian journal of Botany*, 70 : 2041-2052.
- Mendez D. V. P., Adaye A., Tran T., Allagba K. & Bancal V. (2017). Analyse de la chaîne de Manioc en Côte d'Ivoire. Rapport pour l'Union Européenne, DG-DEVCO. Value Chain Analysis for Development Project (VCA4D CTR 2016/375-804), 157 p.
- Miege J (1957). Essais culturaux sur le manioc. *Journal d'Agriculture Tropicale et Botanique Appliquée*, 4 (9-10) : 402-441.
- MINADER (2014). Etude pour l'Elaboration de la Stratégie Nationale de Développement des Cultures vivrières autres que le riz (SNDCV), Tome 1, rapport final, janvier 2014, 69 p.
- MINAGRI (2010). Ministère de l'agriculture, Novembre 2010, Annuaire des statistiques agricoles, Abidjan, Direction des statistiques, de la documentation et de l'informatique, 73 p.
- Misra R. V., Hiraoka H. & Roy R. N. (2005). Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole, FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), Bangkok, Rome, 51 p.
- Morehart M., Nielsen E. & Johnson J. (1988). Development and Use of Financial Ratios for the Evaluation of Farm Businesses, United States Department of Agriculture, Economic Research Service. Technical Bulletin number 1753, 77 p.
- Mosso K., Aboua F. & Gnakri D. (2000). Détoxification en cyanhydrique des aliments dérivés du manioc. In : *potentialités à la transformation du manioc (Manihot esculenta crantz) en Afrique de l'Ouest*. Amani G., Nindjin C., N'Zué B., Tschannen A. & Aka D. CTA-AUF-FARA. Actes du 1er Atelier International, 4-7 juin 2007, Abidjan, Côte d'Ivoire, 341 p.
- M'Sadak Y., Elouaer M. A., El Kamel R. (2012). Évaluation des substrats et des plants produits en pépinière forestière. *Bois et Forêts des Tropiques*, 313(3) : 61-71.

- Muwo J. C., Kawanga K., Pamba M., Dishiki E., Mpupu B. & Lasse H. (2018). Evaluation de la production de cinq variétés de piment piquant (*Capsicum* sp.) dans les conditions agroécologiques du Plateau des Batéké à Kinshasa. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 1(1) : 44-50.
- Muhinyuza J. B. (2000). Spread into Rwanda of the severe cassava mosaic virus disease pandemic and the associated Uganda. *Annual Review of Phytopathology*, 43 : 83-116.
- Nacro H. B. (1997). Hétérogénéité de la matière organique dans un sol de savane humide (Lamto, Côte d'Ivoire) : caractérisation chimique et étude in vitro, des activités microbiennes de minéralisation du carbone et de l'azote. Thèse de Doctorat, Spécialité Ecologie Générale. Paris IV (France), 302 p.
- Nassar N. M. A. (2005). Cassava : Some ecological and physiological aspects related to plant breeding, 9 p. <http://www.geneconserv.pro.br>. Consulté, le 26/05/2020.
- Niebi A., Mpika J., Akeli O. & Attibayeba. (2016). Effets de la potasse de la hamper du régime de plantain Corn 1 (*Musa esculenta*) sur la préservation de la chlorophylle des légumes verts après caisson : cas des feuilles de manioc. *Journal of applied Biosciences*, 102 : 9777-9783.
- Njoku J. C., Okpara D. A. & Asiegbu J. E. (2001). Growth and yield response of sweet potato to inorganic nitrogen and potassium in a tropical ultisol. *Nigerian Agricultural Journal*, 32 : 30-41.
- N'Dayegamiye A & Côté D. (1996). Effet d'application à long terme de fumier de bovins, de lisier de porc et de l'engrais minéral sur la teneur en matière organique et la structure du sol. *Agrosol*, 9 : 31-35.
- Ndunguru J., Legg J. P., Aveling T. A. S., Thompson G. & Fauquet C. M. (2005). Molecular biodiversity of cassava Begomoviruses in Tanzania : evolution of cassava geminiviruses in Africa and evidence for East Africa being a center of diversity of cassava geminiviruses. *Virology Journal*, 2 (2) : 21.
- N'Gonian K. S., BOYE M. A-D. & AKA B. J. K (2021). Evaluation of agronomic descriptors of two cassava varieties (*Manihot esculenta* Crantz) on ten innovative substrates in Daloa (Côte d'Ivoire). *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 11(03) : 093-101.
- Nguema N. P., Ondo-A S., Mouele B. J., Ntsame N. R. L. & Souza A. (2014). Effet de la composition de différents substrats culturels sur quelques paramètres de croissance de *Gambeya lacourtiana* De Wild en pépinière au Nord-Est du Gabon. *Journal of Applied Biosciences*, 73 : 5902-5910.

- Norbert N. K., François K. N., Hauverset A. N., Pierre W. N. & Yao T. (2015). Variations saisonnières des populations de mirides du cacaoyer dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(1) : 3787-3798.
- Nordine, (2018). Etude expérimentale du potentiel d'adsorption de polluants métalliques sur la sciure de bois brute et modifiée. Analyse cinétique et thermodynamique. Thèse de Doctorat. Université Djillali Liabes faculté des sciences exactes Sidi Bel Abbès, Algérie, 226 p.
- Nyembenda P. (2005). Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitudes d'Afrique. Gembloux (Belgique). Edition les presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 217 p.
- N'Zué B., Zohouri P. G. & Sangaré A. (2004). Performances agronomiques de quelques variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans trois zones agro-climatiques de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 16(2) : 1-7.
- N'Zué B., Zohouri G., Yapi-G. V. (2005). Bien cultiver le manioc en Côte d'Ivoire. Edition CNRA, Côte d'Ivoire, 4 p.
- N'Zué B. (2007). Caractérisation morphologique, sélection variétale et amélioration du taux de multiplication végétative chez le manioc (*Manihot esculenta* Crantz). Thèse de Doctorat. Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 170 p.
- N'Zué B., Zohouri G. P., Djédji C. & Tahouo O. (2013). Bien cultiver le manioc en Côte d'Ivoire ; Centre National de Recherches Agronomiques. Edition CNRA, Abidjan, Côte d'Ivoire, 4 p.
- N'Zué B., Djédji C., Dibi K., Essis B., Kouakou A., Kouassi K., Zohouri G., Tahouo O (2015). Le point sur l'utilisation des épluchures de manioc dans l'alimentation des poulets de chair en Côte d'Ivoire. Rapport technique, 13 p.
<https://www.researchgate.net/publication/334680123>
- OCPV (2021). Les informations des marchés : niveau d'approvisionnement et prix des produits vivriers sur les marchés en Côte d'Ivoire. Bulletin OCPV, Côte d'Ivoire, 21 p.
- Odoukou E. F. D. (2018). Evaluation de la performance de divers substrats des pépinières de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) pour l'optimisation de leur régénération dans la localité de Daloa. Mémoire de Master des Sciences de la Vie et de la Terre, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 60 p.
- Okai E. (2001). Genetic diversity in some local cassava cultivars in Ghana. MPhil Thesis. Crop Science Department, Faculty of Agriculture, University of Ghana Legon (Ghana), 140 p.

- Olaniyi J. O. (2008). Growth and seed yield response of Egussi melon to nitrogen and phosphorus fertilizers application. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 2 (3) : 255-260.
- Olsen K. M. (2004). SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. *Plant Molecular Biology*, 56 : 517-526.
- Onyeka T. J., Dixon A. G. O & Ekpo E. J. A. (2005). Assessment of laboratory methods for evaluating cassava genotypes for resistance to root disease *Mycopathologia*, 159 : 461-467.
- Onwueme L. C. (1978). *The Tropical Tube crops*. Chichester, United Kingdom, 234 p.
- Osiru D. S. O. (1990). Les stratégies de la lutte contre les contraintes. *In : le manioc en Afrique tropicale un manuel de référence*. Edition IITA, Ibadan (Nigeria) : 17-28.
- Ouattara B., Serpantié G., Ouattara K., Hien V., Lompo T. & Bilgo A. (1997). Etats physico-chimiques des sols cultivables en zone cotonnière du Burkina Faso. Effet de l'histoire cultural et du type de milieu. *In : Floret C., Pontanier R. Edition « Jachère et maintien de la fertilité »*, Bamako (Mali) : 17-32.
- Palm C. A., Myers R. J. K. & Nandwa S. M. (1997). Combined use of organic and inorganic nutrient sources for soil fertility maintenance and replenishment. *In Replenishment soil fertility in Africa*. Buresh, R J Sanchez, P A. and. Calhon, F. Edition Madison, USA, 123-217.
- Perrin A., Pierre R. & Rabany C. (2015). *Etude de la filière manioc en Côte d'Ivoire*. Edition OCPV, Abidjan (Côte d'Ivoire), 87 p.
- Philippe V., Boni N. & Nadine Z. (2018). Le manioc, entre culture alimentaire et filière agro-industrielle. *Agricultures tropicales en poche*, Directeur de la collection Philippe Lhoste. Éditions Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux : 95-99.
- Pichot J., Sedogo M. P. & Poulin J. F. (1981). Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence des fumures minérales et organiques. *Agronomie Tropicale*, 36 : 122-133.
- Pieri C. (1989). Les processus majeurs d'évolution de la fertilité. Les termes et l'évolution du bilan organique des sols cultivés. *In : "Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara"*. Ministère de la Coopération, Paris (France), 277-336.
- Pouzet D. (1988). Amélioration de la culture mécanisée du manioc en Côte d'Ivoire. Mémoire et travaux de l'IRAT n°18. Paris (France), 58 p.
- Raffaillac J. P & Nedelec G. (1988). Comportement du manioc en début de cycle en fonction

- de la durée de stockage de la bouture. VIth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Gosier (Guadeloupe), Edition INRA, Paris (France), 679-683.
- Raffaillac J. P & Nedelec. (1984). Fertilisation du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, var Bonoua) en basse Côte d'Ivoire. Etude de cas. Production agricole et maintien de la fertilité des sols en zone tropicale. Séminaire IMPHOS, Yamoussoukro (Côte d'Ivoire), 14 p.
- Ranjit B., Maina M., Sylvester O., Aigbe T. & John F. (2006). *Fusarium* species from the Cassava Root Rot Complex in West Africa. *Phytopathology*, 96 : 673-676.
- Reid K. (2007). Echantillonnage et analyse de sol dans le cadre de la gestion des éléments nutritifs. Fiche technique, Ontario, Ordre n° 06-031, 8 p.
- RGPH (1998). Enquête démographique et de santé 1998-1999, République de Côte d'Ivoire, 296 p.
- Richer de Forges A., Feller C., Jamagne M. & Arrouays D. (2008). Perdus dans le triangle des textures. *Etude et gestion des sols*, 15(2) : 97-111.
- Rodriques M & Mateo T (2008). La balle de riz carbonisée : un substrat recyclant les résidus de l'industrie rizicole, *L'écho des abattis n°1 1er trimestre 2008*, Revue Technique Trimestrielle Gratuite, 20 p.
- RONGEAD (2015). Etude de la filière manioc en Côte d'Ivoire, 88 p.
- Sani A. (2015). Les énergies alternatives : cas de la balle de riz comme combustible de substitution au bois énergie au Niger. Atelier Réseau Climat et Développement, JVE Niger, 8 p.
- Saragoni H., Poss R., Marquette J. & Latrille E. (1992). Fertilisation et succession des cultures vivrières au Sud du togo: Synthèse d'une expérimentation de longue durée sur terres de barre. *L'Agronomie tropicale*, 46 : 107-120.
- Schafer J. L. (1999). Amélioration du système de culture du Macabo, *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott, en pays Bamiléké (Ouest-Cameroun). *Cahiers Agricultures*, 8 : 9-20.
- Sédogo M. P. (1981). Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride (Matière organique du sol et nutrition azotée des cultures). Thèse de Doctorat Ingénieur, Université de Nancy, France, 135 p.
- Silvestre P. (1987). Manuel pratique de la culture du manioc. Maisonneuve et Larousse, Paris, (France) 119 p.
- Silvestre P. & Arraudeau M. (1983). Le manioc. Techniques agricoles et productions tropicale. Maisonneuve et Larousse / ACCT), Paris (France), n°32, 262 p.

- Smith D. & Trant M. (2002). Rendement du secteur du commerce de détail des aliments dans la chaîne agroalimentaire, documents de travail sur l'agriculture et le milieu rural, produit n° 21-601-MIF au catalogue de Statistique Canada, document de travail n° 56.
- Simon B. & Vanessa A. K. (2019). Emploi et revenu dans la chaîne de valeur du manioc en Côte d'Ivoire. Edition OIT, Genève (Suisse), 77 p.
- Staff, Usda, Ssds. (1993). Associated map scales with different kinds of soil cartographic units and the us soil survey manuel (usda, ssda), 48 p.
- Taiz L. & Zeiger E. (2002). Auxin : the growth hormone. Plant physiology, Sinauer association Inc, 423 p.
- Tan S. L. & Cock J. H. (1979). Branching habits as yield determination in cassava. *Field Crop Research*, 2 : 281-289.
- Thewys G., 2011. Guide de bonnes pratiques phytosanitaires pour la production de manioc (*Manihot esculenta*). Programme Initiatif Pesticides (PIP), 39 p.
- Toualy M. N. Y., Atta B. D., Kinbade S. A. A., Koutoua S. & Kumar L. (2014). Distribution, incidence and severity of viral diseases of yam (*Dioscorea spp.*) in Côte d'Ivoire. *Africain Journal of Biotechnologie*, 13 (3) : 465-470.
- Tchoundjeu Z., Leakey R. R. B. (2001). Vegetative propagation of Lova trichilioides : effects of provenance, substrate, auxins and leaf area. *Journal of Tropical Forest Science*, 13 : 116-129.
- Tittonell P., Muriuki A, Shepherd K. D., Mugendi D., Kaizzi K. C., Okeyo J., Verchot L., Coe R. & Vanlauwe B. (2010). The diversity of rural livelihoods and their influence on soil fertility in agricultural systems of East Africa a typology of smallholder farms. *Agricultural Systems*, 103 : 83-97.
- Touckia G. I., Yongo O. D., Abotsi E. K., François W. & Kouami K. (2015). Essai de germination et de croissance au stade juvénile des souches locales de *Jatropha curcas* L. en république centrafricaine. *European Scientific Journal*, 11(15) : 1857-7881.
- Toukourou A. M. & Carsky R. (2001). Réponse du manioc à l'azote, au phosphore et au potassium sur les terres de barre au Sud du Bénin. In : *Actes de l'Atelier Scientifique*, 12-13 décembre 2001, Bénin, 149-154.
- Traoré O., Koulibaly B. & Dakuo D. (2007). Effets comparés de deux formes d'engrais sur le rendement et la nutrition minérale en zone cotonnière au Burkina Faso. *Tropicultura*, 25(4) : 200-203.

- Troupa S. G. F. & Koné M. H. (2003). Recensement National de l'Agriculture 2001 et sécurité alimentaire. Rapport de consultant FAO, EU Minagra, Abidjan, Côte d'Ivoire, 40 p.
- UNIFA (2008). Les engrais organo-minéraux. Editorial n°17^{ème} semestre 2008. ISSN 1623-7064 - conception - réalisation : www.brettcom.com. 12 p. Consulté le 21/10/2020.
- Walkley A. & Black I. A. (1934). Un examen de la méthode Degtjareff pour la détermination de la matière organique du sol et proposition de modification de la méthode de titrage de l'acide. *Science du sol*, 37 : 29-38.
- Wild B., Schnecker J., Barta J., Capek P., Guggenberger G., Hofhansl F., Kaiser C., Lashchinskiy N., Mikutta R., Mooshammer M., Santrucková H., Shibistova O., Urich T., Zimov S. A. & Richert A. (2013). Nitrogen dynamics in Tundra Cryosols from Siberia and Greenland. *Soil Biology and Biochemistry*, 67 : 85-93.
- Wolf B. (1999). The fertile triangle; The interrelationship of air, water, and nutrients in maximizing soil productivity, Food Products Press, New York (USA), 463 p.
- Yapi B. J. C. (2003). Fertilisation organique : l'effet des déchets de porc sur la croissance et la production du soja (*Glycine max*). Mémoire de Maîtrise, Université d'Abobo-Adjamé, Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Nature, Abidjan (Côte d'Ivoire), 27 p.
- Yéo N. (2017). Etude comparée de la croissance du piment bec d'oiseau (*Capsicum frutescens*) sur 3 types de fertilisants : NPK / urée, fientes de poule pondeuse et déjections de porc dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, en Sciences de la Vie et de la Terre, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 54 p.
- Ziani S., Abio S. & Maroc. (2015). Culture du manioc protocole d'essai, 3 p.
- Zoundi S. J. (2012). Agriculture vivrière : Les Africains confrontés à des choix controversés de modèles agricoles. *Cahiers Agricultures*, 21 : 366-373.

ANNEXES

Annexe 1 : Détermination de la composition granulométrique du sol

La détermination de la composition granulométrique du sol a été faite par la méthode « pipette Robinson » (Baize, 2000). Elle a pour but de classer les particules minérales du sol par catégories de diamètres afin de déterminer sa texture. Selon Delaune *et al.* (1991), la répartition des diamètres (d) d'après Atterberg est la suivante : argiles ($d < 0,002$ mm) ; limons fins ($0,002 < d < 0,02$ mm) ; limons grossiers ($0,02 < d < 0,05$ mm) ; sables fins ($0,05 < d < 0,2$ mm) ; sables grossiers ($0,2 < d < 2$ mm). Le principe de cette méthode est basé sur la vitesse de sédimentation des particules du sol. Après sédimentation dans une éprouvette graduée, des fractions de sédiments ont été pipetées à différents niveaux, séchées à 105 °C puis pesées. Ces masses ont été ramenés à un volume de 1 litre, et en tenant compte de la quantité d'un dispersant ajouté (l'hexamétaphosphate de sodium), les masses des différentes fractions ont été déterminés. Les résultats obtenus ont été exprimés en pourcentage par rapport à la masse de l'échantillon initial séché à l'air libre (Alla, 2020). La texture du sol prélevé a été ensuite déterminée à l'aide du triangle des textures de Tavernier et Maréchal (Richer de Forges *et al.*, 2008) en y rapportant les pourcentages d'argiles, de limons et de sables évalués.

Annexe 2 : Caractérisation chimique du sol et des fertilisants organiques

Les échantillons ont été retamés à l'aide d'un premier tamis de mailles 5 mm (pour les valeurs de pH, C et P) et ensuite à l'aide d'un second de mailles 2 mm (pour les valeurs de N et K). Les analyses ont porté sur les paramètres chimiques que sont le pH, la matière organique, le carbone total, l'azote total, le potassium, le phosphore assimilable, le magnésium, le calcium et la capacité d'échange cationique. Pour ce faire, plusieurs méthodes ont été utilisées.

- La détermination de la matière organique dans la fiente de poulets et de la sciure de bois pour 1 kg a été faite après élimination de l'eau par séchage à 105°C pendant 24 heures et des composés calcaires par calcination dans un four à moufle. La différence de masse après calcination représente la matière organique. Le pourcentage de la matière organique a été déterminé comme suit :

$$\% \text{ MO} = \% \text{ C} \times 1,724$$

13

% C : Pourcentage de carbone ; % MO : Pourcentage de matière organique

-Le carbone des différents types de fumures organiques est déterminé par la méthode Walkley & Black (1934) qui consiste à oxyder l'échantillon au bichromate de potassium en présence d'acide sulfurique. L'excès du bichromate est ensuite mesuré au spectrophotomètre à 650 nm. Dans ce cas le pourcentage de carbone s'obtient en divisant le pourcentage de matière organique par le facteur 1,724 selon la formule ci-dessous :

$$\% \text{ C} = \% \text{ MO} / 1,724$$

14

% C : Pourcentage de carbone ; % MO : Pourcentage de matière organique

- Le dosage de l'azote des différents échantillons a été réalisé par la méthode Kjeldhal (AOAC, 1980). Elle consiste à minéraliser l'échantillon avec de l'acide sulfurique en présence de cuivre (II) et d'un catalyseur (oxyde de titane). Ensuite, la solution minéralisée est distillée à la vapeur d'eau. Le distillat ou condensât recueilli est titré par dosage volumétrique acide/base. Les dosages ont été répétés trois fois pour chaque échantillon et les teneurs ont été exprimées en pourcentage.

- Le rapport C/N est déterminé en faisant le rapport des pourcentages de carbone et d'azote.
 - Le potassium et le calcium ont été déterminés pour les différents types de fumure organiques. Les échantillons ont été soumis à une minéralisation avec de l'acide sulfurique et de l'acide salicylique en présence de peroxyde, le sélénium étant utilisé comme catalyseur. Le

potassium est déterminé ensuite au spectrophotomètre à flamme, mesuré au photomètre à flamme.

- La mesure du pH a été faite par la méthode électronique au pH mètre à électrode en verre avec un rapport échantillon/solution de 1/5.

- Le dosage du phosphore assimilable a été fait par la méthode Olsen-Dabin. Elle consiste à extraire le phosphore par une solution de fluor d'ammonium (NH_4F) 0,03 M en présence de bicarbonate de sodium (NaHCO_3) 0,5 M dans un rapport sol/solution. Le phosphore extrait a été ainsi déterminé au spectrophotomètre par le bleu de molybdène.

- La mesure de la capacité d'échange en cation (CEC) ou le complexe absorbant a été faite par la méthode à l'acétate d'ammonium à pH 7. Elle a consisté à extraire des bases échangeables par une solution d'acétate d'ammonium à pH 7 au spectrophotomètre d'absorption atomique suivi d'un lavage du culot à l'alcool. L'extraction des bases échangeables a été faite avec le chlorure de sodium. La capacité d'échange cationique (CEC) a été ensuite déterminée après distillation Kjeldhal. Les résultats ont été exprimés en cmol.kg^{-1} de sol.

Annexe 3 : différents stades phénologiques du manioc



(A)



(B)



(C)

A) Plants de manioc âgés de 41 jours B) Plants de manioc âgés de 3 mois après plantation ; C) Plants de manioc âgés de 7 mois après plantation

Annexe 4 : différentes étapes de la récolte des racines tubérisées de



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

- A) Mesurer 25 cm sur la tige de manioc au-dessus du sol à l'aide d'un ruban mètre
- B) Couper la tige à l'aide d'une machette au niveau de la marque
- C) Enlever le sol autour de la souche à l'aide d'une daba
- D) Tirer manuellement la souche avec modération
- E) Souche de manioc avec des racines tubéreuses

Annexe 5 : mesure des composantes du rendement



(A)



(B)



(C)

- A) Mesure de la longueur du tubercule à l'aide d'un ruban mètre
- B) Mesure du diamètre du tubercule à l'aide d'un pied à coulisse
- C) Pesée des racines tubérisées récoltés à l'aide d'une balance

Annexe 6 : tricycle rempli de racines tubérisées de manioc Yavo (150 pieds récoltés)



Annexe 7 : paramètres d'interprétation du sol et leurs niveaux critiques

Classe de réaction du sol	pH eau
Très extrêmement acide	< 4,5
Extrêmement acide	4,5 – 5,0
Fortement acide	5,1 – 5,5
Moyennement acide	5,6 – 6,0
Faiblement acide	6,1 – 6,5
Neutre	6,6 – 7,3
Faiblement alcalin	7,4 – 7,8
Moyennement alcalin	7,9 – 8,4
Fortement alcalin	8,5 – 9,0
Très fortement alcalin	> 9,0

Source : Agriculture et agroalimentaire Canada, Système d'information sur les sols du Canada.
http://sis.agr.gc.ca/siscan/glossary/reaction_soil.html

Annexe 8 : coût moyen de production (en FCFA) d'un hectare de manioc en fonction des traitements fertilisants

Traitements	CAT (FCFA/ha)	A (FCFA)	CMO (FCFA)	CPT (FCFA)	CI (FCFA)	Coût de production (FCFA)
T0S0	30000	50000	45000	30000	0	155000
T0S1	30000	50000	45000	30000	5000	160000
T0S2	30000	50000	45000	30000	20000	175000
T0S3	30000	50000	45000	30000	20000	175000
T0S4	30000	50000	45000	30000	22500	177500
T0S5	30000	50000	45000	30000	22500	177500
T0S6	30000	50000	45000	30000	20000	175000
T0S7	30000	50000	45000	30000	21250	176250
T0S8	30000	50000	45000	30000	66000	221000
T0S9	30000	50000	45000	30000	33000	188000
T1S0	30000	50000	45000	30000	40000	195000
T1S1	30000	50000	45000	30000	45000	200000
T1S2	30000	50000	45000	30000	60000	215000
T1S3	30000	50000	45000	30000	60000	215000
T1S4	30000	50000	45000	30000	51250	206250
T1S5	30000	50000	45000	30000	51250	206250
T1S6	30000	50000	45000	30000	60000	215000
T1S7	30000	50000	45000	30000	61250	216250
T1S8	30000	50000	45000	30000	106000	261000
T1S9	30000	50000	45000	30000	73000	228000
T2S0	30000	50000	45000	30000	40000	195000
T2S1	30000	50000	45000	30000	45000	200000
T2S2	30000	50000	45000	30000	60000	215000
T2S3	30000	50000	45000	30000	60000	215000
T2S4	30000	50000	45000	30000	51250	206250
T2S5	30000	50000	45000	30000	51250	206250
T2S6	30000	50000	45000	30000	60000	215000
T2S7	30000	50000	45000	30000	61250	216250
T2S8	30000	50000	45000	30000	106000	261000
T2S9	30000	50000	45000	30000	73000	228000
T3S0	30000	50000	45000	30000	132000	287000
T3S1	30000	50000	45000	30000	137000	292000
T3S2	30000	50000	45000	30000	152000	307000
T3S3	30000	50000	45000	30000	152000	307000
T3S4	30000	50000	45000	30000	143250	298250
T3S5	30000	50000	45000	30000	143250	298250
T3S6	30000	50000	45000	30000	15200	170200
T3S7	30000	50000	45000	30000	153250	308250
T3S8	30000	50000	45000	30000	198000	353000
T3S9	30000	50000	45000	30000	165000	320000

CAT : coût d'acquisition du terrain ; *A* : amortissement ; *CMO* : coût de main d'œuvre ; *CPT* : coût de préparation du terrain ; *CI* : coût des intrants. **S0** : substrat 100 % terre ; **S1** : 50 % terre + 50 % sciure de bois ; **S2** : 50 % terre + 50 % fiente de poulets ; **S3** : 50 % terre + 50 % balles de riz réduites en charbon ; **S4** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets ; **S5** : 50 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S6** : 50 % terre + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S7** : 25 % terre + 25 % sciure de bois + 25 % fiente de poulets + 25 % balles de riz réduites en charbon ; **S8** : 50 % terre + 50 % NPK (10 18 18) ; **S9** : 50 % terre + 25 % NPK (10 18 18). **T0** : sans fertilisant ; **T1** : fiente de poulets ; **T2** : balles de riz réduites en charbon ; **T3** : N P K 10 18 18

PUBLICATION TIREE DE LA THESE



(RESEARCH ARTICLE)



Evaluation of agronomic descriptors of two cassava varieties (*Manihot esculenta* Crantz) on ten innovative substrates in Daloa (Côte d'Ivoire)

Serge Kouadio N'GONIAN *, Auguste-Denise Mambé BOYE and Junior Kévin Borel AKA

Laboratory for the Improvement of Agricultural Production; UFR Agroforestry, University Jean Lorougnon Guédé. BP150 Daloa, Côte d'Ivoire.

World Journal of Advanced Research and Reviews, 2021, 11(03), 093–101

Publication history: Received on 31 July 2021; revised on 06 September 2021; accepted on 08 September 2021

Article DOI: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.11.3.0424>

Abstract

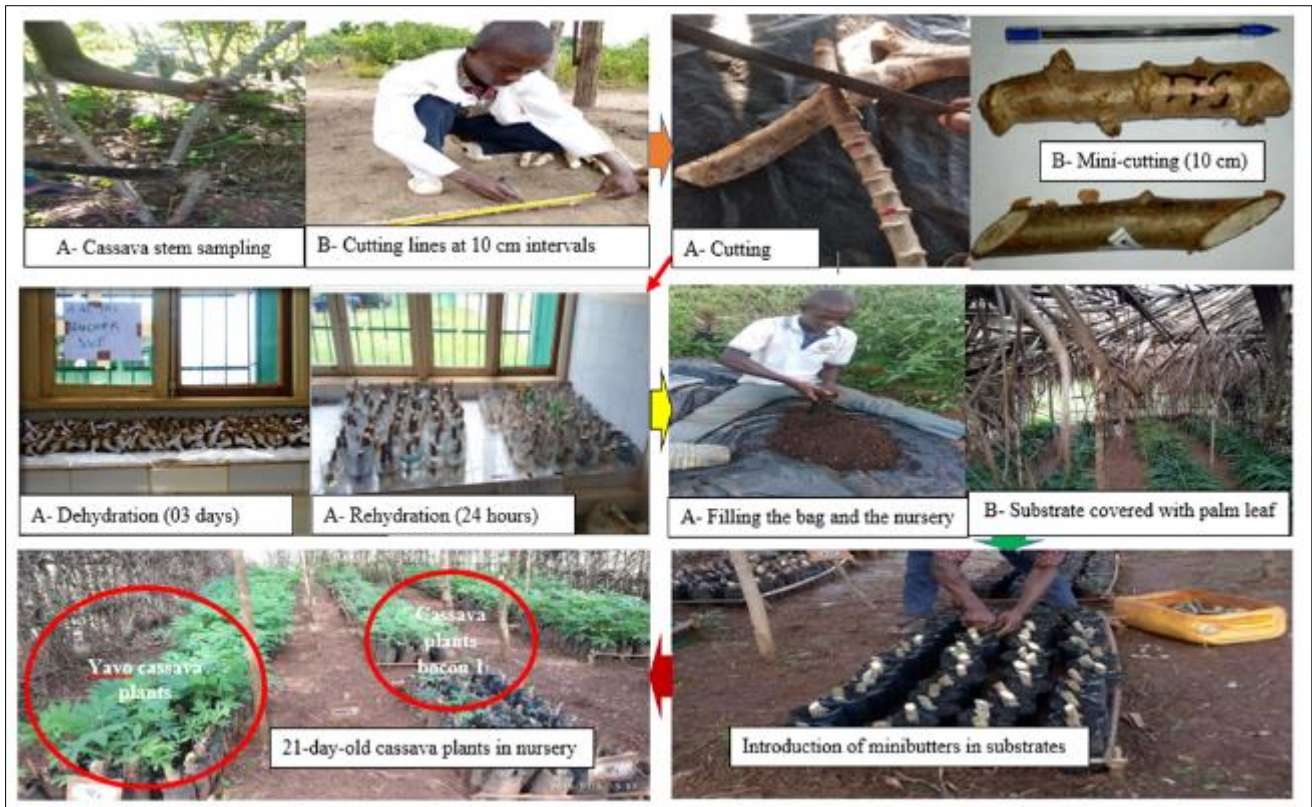
In Côte d'Ivoire, cassava production is carried out by small-scale planters who use very few technical means and local cultivars that are not very productive and susceptible to diseases. The objective of this study is to maximize the recovery of cassava cuttings after planting. To this end, ten substrates of single, double, triple and quadruple composition were made from soil supplemented with sawdust, chicken droppings, carbonized rice husks and NPK 10 18 18 to regenerate dehydrated cassava Bocou 1 and Yavo mini-cuttings. The recovery rate of the mini-cuttings was evaluated as well as the agro-morphological parameters of the seedlings for 21 days. Results showed that the recovery rate was very high on the carbonized rice husk substrate (86.5% in Bocou 1 and 85.5% in Yavo). In addition, the substrates significantly influenced the growth parameters of the seedlings. Thus, the substrate composed of carbonized chicken-bale soil had the highest number of leaves, with 6 leaves per plant in Bocou 1 and 10 leaves in Yavo, with an average height ranging from 10.99 ± 1.22 (Bocou 1) to 20.23 ± 1.16 (Yavo). The results of this study will help orient the actors of the cassava sector towards a new cultivation technique.

Keywords: Cassava; Bocou 1; Yavo; Agronomic descriptors; Innovative substrate

Graphical Abstract

* Corresponding author: N'GONIAN Kouadio Serge

Laboratory for the Improvement of Agricultural Production ; UFR Agroforestry, Université Jean Lorougnon Guédé. BP150 Daloa, Côte d'Ivoire.



1. Introduction

Cassava (*Manihot esculenta Crantz*), originally from Latin America, was domesticated in Amazonia where it shares the same area of origin as groundnut, cocoa and rubber [1]. It was introduced in Africa by Portuguese merchants since the 16th century through various routes [2]; then in Côte d'Ivoire by AKAN immigrant populations coming from the South of Ghana, notably the Abouré and the Aladjan [3]. Cassava is one of the main food crops in Côte d'Ivoire just after yam, with a national production estimated at about 5 million t/year [4]. It contributes to human and animal nutrition but is also used for industrial purposes. There are more than twenty products derived from cassava in Côte d'Ivoire, including attiéké, cassava paste, which are traded nationally and internationally [5]. However, with the strong demographic growth and the rapid expansion of cassava cultivation, there has been a sharp increase in cultivated areas and continuous exploitation of the soil. In addition, cassava propagation is particularly vulnerable to adverse climatic conditions, as well as to pest and disease attacks. Stem cuttings may rapidly lose their viability through dehydration when exposed to the sun after planting. Thus, in order to overcome all these constraints of cassava production, this study was initiated with the objective of optimizing the regeneration of cassava cuttings after planting on improved substrates. Specifically, the aim is (i) to evaluate the effect of substrates on the regrowth of cassava mini-cuttings Bocou 1 and Yavo and (ii) to determine the impact of substrates on the agro-morphological parameters of the seedlings derived from these cuttings.

2. Material and methods

2.1. Plant material

The plant material used consists of mini-cuttings of improved cassava varieties (Bocou 1 and Yavo). The variety Yavo, previously called Okolyawo or TME7, described since 2000 [6], originated from the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) and was introduced in Côte d'Ivoire in June 2002. The Bocou 1 variety is a cassava variety from the National Agricultural Research Center (CNRA) of Côte d'Ivoire.

2.2. Technical equipment

Several tools were used during this experiment. These included: three packages of polyethylene bags, a SONY digital camera with 20.1 mega pixels for photos, a shovel, a carbonizer, a walker, small dabas, signs, labels, a watering can, 25 L cans and 100 kg bags.

2.3. Preparation of substrates

The different basic materials (soil, sawdust, chicken droppings, charred rice husks and NPK 10 18 18) were collected. The decomposing soil, sawdust and chicken droppings were crumbled and then air-dried for 48 hours to remove some pathogens. For this purpose, ten substrates were made up:

- Substrate Control (no fertilizer): 100% soil ;
- Substrate 1 (S1): 50% soil + 50% sawdust;
- Substrate 2 (S2): 50% soil + 50% chicken droppings;
- Substrate 3 (S3): 50% soil + 50% carbonized rice husk;
- Substrate 4 (S4): 50% soil + 25% sawdust + 25% chicken droppings;
- Substrate 5 (S5): 50% soil + 25% chicken dung + 25% carbonized rice husk;
- Substrate 6 (S6): 50% soil + 25% sawdust + 25% carbonized rice husk;
- Substrate 7 (S7): 25% soil + 25% sawdust + 25% chicken droppings + 25% carbonized rice husk
- Substrate 8 (S8) : 75 % soil + 25 % NPK 10 18 18
- Substrate 9 (S9) : 50% soil + 50% NPK 10 18 18

2.4. Experimental setup

We arranged the substrates in 10 groups of 60 bags for each cassava variety under a shade house. Each group consisted of four (04) lines of 15 bags spaced 5 cm apart and 10 cm between the lines and covered with palm leaves (Figure 1).



Figure 1 Substrates covered with palm leaves under the shade

2.5. Selection and preparation of cuttings



Figure 2 Preparation of cuttings: A- Cassava stem removal; B- Cutting lines at 10 cm intervals; C: Cutting; D- mini-cutting (10 cm); E: Dehydration (03 days); F: Rehydration (24 hours)

Three days before planting, healthy stems of Bocou1 and Yavo were taken from healthy, 12-month-old plants (Figure 2A). They were then cut into 10 cm long cuttings (mini-cuttings) with 2 to 3 nodes 15 to 20 mm in diameter (Figure 2B). Heavily woody or tender parts were removed. All cuts were made at a bevel with a machete (Figure 2C). The mini-cuttings obtained (Figure 2D) were put in dehydration for three (03) days (Figure 2E). At the end of the storage time, the mini-cuttings were rehydrated for 24 hours (Figure 2F).

2.6. Planting

One hour before planting, the substrates were abundantly watered, one watering can per formulation. Three quarters (3/4) of the mini-cuttings were then pushed into the substrates while orienting the buds upwards to ensure good growth of the seedlings. One thousand two hundred (1200) mini-cuttings were planted (Figure 3).



Figure 3 Planting and layout of substrates: A- Introduction of mini-cuttings into the substrates; B- Substrates containing mini-cuttings under the shade house

2.7. Maintenance

Maintenance concerns watering, weeding and replacement of unregenerate mini-cuttings. Indeed, in order to ensure the adequate maintenance of the nursery, we immediately watered the plantation. Then, the watering was limited to one watering every two days, preferably in the evening and to avoid watering the nursery after a heavy rainfall. In addition, weeding consisted in removing all the weeds that appeared on the surface of the substrates by hand and then those of the inter-rows with the hoe. Fourteen days after planting, the unregenerate mini-cuttings were replaced. Then, those partially emerged after watering were systematically covered with the corresponding substrate.

2.8. Evaluation of agro-morphological parameters

The agro-morphological descriptors that were studied were the recovery rate of dehydrated mini-cuttings, the number of leaves and stems and the height of the plants.

2.9. Statistical analysis of the data

The collected data were subjected to statistical tests using STATISTICA 7.1 software. An analysis of variance (ANOVA) was used to evaluate the effect of the substrates on the regeneration of mini-cuttings and the growth parameters of the plants. In case of significant differences between treatments, the Newman-Keuls test at the 5% threshold was used to classify them into homogeneous groups.

3. Results

3.1. Recovery rate of mini-cuttings

Table 1 shows that the recovery rate of mini-cuttings ranged from 62.93 to 86.5% for Bocou1 and from 60.55 to 85.55% for Yavo. The highest values are observed on substrate S3 for Bocou 1 (86.5%) and Yavo (85.55%) respectively. On the other hand, the lowest recovery rates were observed on substrate S8 (62.93% for Bocou 1 and 60.55% for Yavo). The emergence of the dehydrated mini-cuttings is moderately high on the other substrates. We also note that the substrates offer more possibilities of regeneration to the dehydrated mini-cuttings of the Bocou 1 variety compared to the Yavo variety in the nursery.

Table 1 Regrowth rate of dehydrated mini-cuttings of Bocou 1 and Yavo

Substrates	Bocou 1	Yavo
Control	76,77 %	68,11 %
S ₁	76,5 %	68,88 %
S ₂	80,07 %	78,88 %
S ₃	86,5 %	85,55 %
S ₄	79,75 %	74,99 %
S ₅	73,40 %	65,55 %
S ₆	83,72 %	79,44 %
S ₇	75,93 %	70,55 %
S ₈	62,93 %	60,55 %
S ₉	63,01 %	67,77 %

Legend: Control: 100 % soil; S₁: 50 % soil + 50 % sawdust; S₂: 50 % soil + 50 % chicken dung; S₃: 50 % soil + 50 % charred rice husk); S₄: 50% soil + 25 % sawdust + 25% chicken dung; S₅: 50 % soil + 25 % sawdust + 25 % carbonized rice husk; S₆: 50 % soil + 25 % chicken dung + 25 % carbonized rice husk; S₇: 25 % soil + 25 % sawdust + 25 % chicken dung + 25 % carbonized rice husk; S₈: 50 % soil + 50 % NPK (10-18-18) S₉: 50 % soil + 25 % NPK (10-18-18).

4. Effect of substrates on agro-morphological parameters

4.1. Average number of leaves

Figure 4 presents the results of the average number of leaves per plant and per cassava variety according to the types of substrates. For the Bocou 1 variety, the plants growing in substrates control (Te), S₁, S₂ and S₃, on the one hand, and S₄, S₇, S₈ and S₉ on the other hand, produced a similar number of leaves (6 leaves). On the other hand, the other plants from substrates S₅ and S₆ produced 5 leaves. As for the variety Yavo, the greatest number of leaves was recorded on the substrate S₆ (10 leaves) against 7; 8 and 9 leaves respectively on the substrates S₇, control (Te) and S₅. However, the majority of the substrates produced 6 leaves.

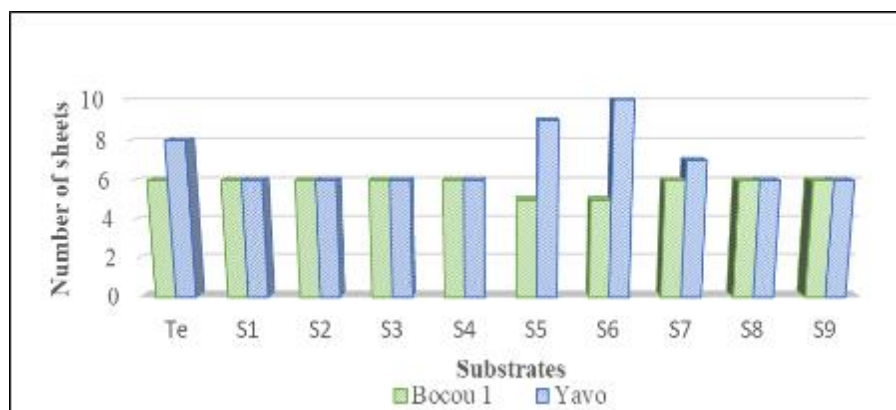


Figure 4 Effect of substrates on the number of leaves emitted by the plants

Legend: Control: 100 % soil; S₁: 50 % soil + 50 % sawdust; S₂: 50 % soil + 50 % chicken dung; S₃: 50 % soil + 50 % charred rice husk); S₄: 50% soil + 25 % sawdust + 25% chicken dung; S₅: 50 % soil + 25 % sawdust + 25 % carbonized rice husk; S₆: 50 % soil + 25 % chicken dung + 25 % carbonized rice husk; S₇: 25 % soil + 25 % sawdust + 25 % chicken dung + 25 % carbonized rice husk; S₈: 50 % soil + 50 % NPK (10-18-18) S₉: 50 % soil + 25 % NPK (10-18-18).

4.2. Average number of stems

The results of the average number of stems per plant according to the substrates and variety are presented in figure 5 below. The analysis of this figure indicates that the average number of stems per plant varies according to the treatment and the varieties. The highest number of stems is observed in substrate S₅ with a value of 2.44 for the variety Yavo

against 1.22 in treatment S2 for Bocou 1 compared to the control (Te) Yavo (2.17 cm) and the control (Te) Bocou 1 (1.07). On the other hand, the lowest number of stems is recorded by treatments S9 (1.44) in Yavo and S8 (0.93) in Bocou 1. We also note no significant difference in the means of the other treatments in the Bocou 1 variety, whereas it is significant in the Yavo variety. It should therefore be said that the average number of stems per plant is significantly impacted by the substrates and the cassava variety.

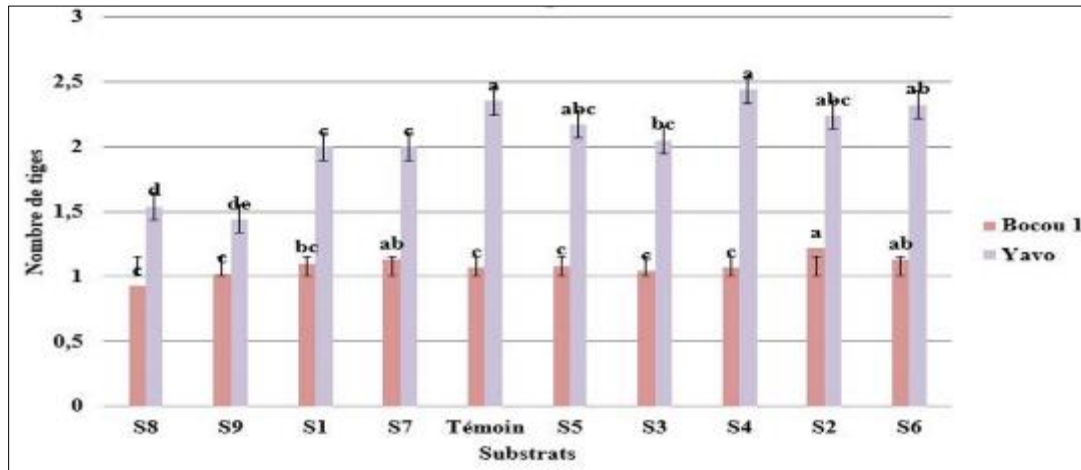


Figure 5 Effect of substrates on number of stems emitted by the mini-cuttings

Legend: Control: 100 % soil; S1: 50 % soil + 50 % sawdust; S2: 50 % soil + 50 % chicken dung; S3: 50 % soil + 50 % charred rice husk); S4: 50% soil + 25 % sawdust + 25% chicken dung; S5: 50 % soil + 25 % sawdust + 25 % carbonized rice husk; S6: 50 % soil + 25 % chicken dung + 25 % carbonized rice husk; S7: 25 % soil + 25 % sawdust + 25 % chicken dung + 25 % carbonized rice husk; S8: 50 % soil + 50 % NPK (10-18-18) S9: 50 % soil + 25 % NPK (10-18-18).

4.3. Average plant height

Figure 6 presents the results of the effect of the treatments on the average height of the seedlings from the dehydrated mini-cuttings. The analysis of the figure reveals that the highest average height is observed in treatment S6 (20.23 cm for Yavo) against 10.99 cm for Bocou 1 while the controls (Te) Yavo and Bocou 1 recorded 17.28 cm and 10.46 cm respectively. The lowest average height is observed in treatment S8 with average values of 2.43 cm for Bocou 1 and 11.12 cm for Yavo. The figure also shows a non-significant difference in the average height of the plants in the other treatments for the variety Bocou 1 because the values obtained are statistically identical. There is also a significant difference in the mean heights for the two varieties studied. This means that the average height of the plants is significantly influenced by the different treatments but also by the varieties.

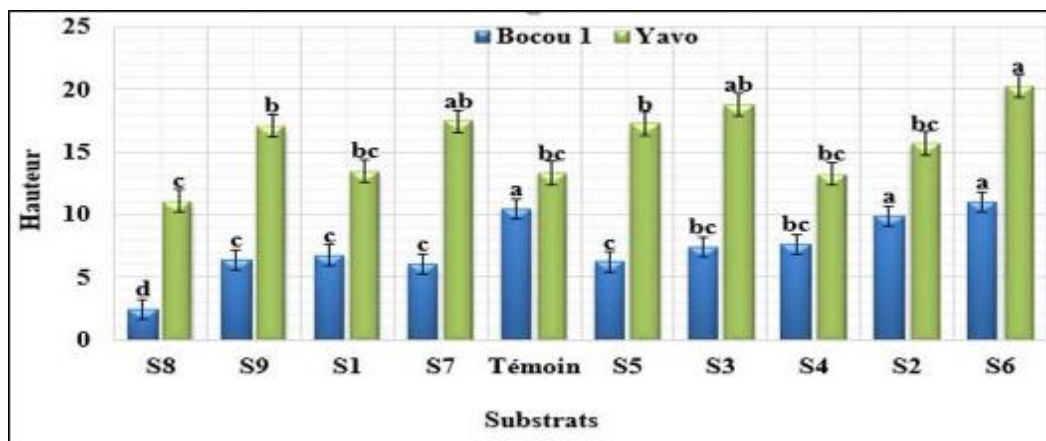


Figure 6 Effect of substrates on the height of Bocou 1 and Yavo plants

Legend: Control: 100 % soil; S1: 50 % soil + 50 % sawdust; S2: 50 % soil + 50 % chicken dung; S3: 50 % soil + 50 % charred rice husk); S4: 50% soil + 25 % sawdust + 25% chicken dung; S5: 50 % soil + 25 % sawdust + 25 % carbonized rice husk; S6: 50 % soil + 25 % chicken dung + 25 % carbonized rice husk; S7: 25 % soil + 25 % sawdust + 25 % chicken dung + 25 % carbonized rice husk; S8: 50 % soil + 50 % NPK (10-18-18) S9: 50 % soil + 25 % NPK (10-18-18).

5. Discussion

5.1. Effect of substrates on minibouture recovery

The results of the minibouture recovery study reveal that the variation in minibouture regeneration of Bocou 1 is dependent on each of the substrates. Substrates S2 and S6 induced better results on minibouture recovery. These results can be explained by the basic elements that compose the substrates and corroborate the observations of [7] on the species *Lovoa trichilioides*. Indeed, according to similar work carried out by [8] and [9], it appears that the appropriate substrate for agroforestry nurseries is a mixed composition. As for substrates supplemented with mineral fertilizer (NPK) at different doses (25% and 50%) gave the lowest yields with each variety. Our work is in accordance with that of [10] in the influence of the time of application of NPK on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.) installed on a ferralsol. They showed that application of NPK at planting time induced low emergence rate. With respect to low recovery and seedling growth rates, the fertilizer applied at the time of seeding of the mini-cuttings induced a lower emergence than the other treatments. Water deficiency is thought to be responsible for this behavior. Indeed, water is a very important element of the plant. It participates in all metabolic activities. It also allows to attenuate the heat released by the decomposition of the fertilizer. However, in this study, the application of fertilizer at planting time coincided with a period of frequent water shortage. This would have dehydrated the mini-cuttings, thus inhibiting dormancy emergence. However, the maximum emergence rate did not exceed 80%. This would confirm the burns observed on the mini-cuttings during the nursery, resulting in delayed mini-cuttings regeneration and seedling growth.

5.2. Effect of substrates on seedling growth in the nursery

5.2.1. Effect of substrates on the number of leaves and stems

The majority of seedlings growing in the substrates produced 6 leaves at Bocou 1 and Yavo. This could be due to the physical-chemical characteristics that allowed the plants to get a good supply of water and mineral salts, thus stimulating the growth of leaves and the emission of stems. Indeed, in order to grow, seedlings need the growth environment to provide them with three essential elements other than a physical support, namely water, oxygen and mineral elements [11]. In addition, these qualities may have led the S6 substrate to favor the production of 10 leaves, thus sequestering more carbon in the Yavo variety. These characteristics also induced the physiological awakening of dormant buds on the mini-cuttings. The number of leaves is a good indicator of a good supply of water and mineral salts and a good biomass production by the plant [12]. For example, the substrate S6 in addition to chicken droppings contains carbonized rice husks, rich in potassium also allowed the plants to develop dry matter and intervene directly in photosynthesis.

5.2.2. Effect of substrates on plant height

According to Randrianarison N plant growth can be evaluated by knowing the height of the stem, in which nitrogen plays an essential role [13]. Thus, the highest height was noted in the substrate S6 made up of carbonized chicken-rice husk soil. These results could be explained by the high content of mineral elements in this substrate and their physical-chemical characteristics. The good growth of the seedlings observed in the S6 substrate is due on the one hand to its richness in nutrients (especially nitrogen) and in trace elements provided by the chicken droppings, which would compensate for the possible natural deficiencies of the soil used. Indeed, the richness in nitrogen here translates into the fact that the magnesium contained in this substrate favors the absorption of nitrogen. On the other hand, the rapid growth of the seedlings in substrate S6 can be explained by the presence of carbonized rice husk, which incorporated into the soil improves the pH, the aeration of the root zone, the water retention capacity of the soil, and the level of potash and magnesium exchange. It also favors the assimilation of phosphorus. Our results are in agreement with those of [14] in the response of *Musa* species to macro-propagation. He stated that the physical composition of the growth medium has an effect on the water and air supply to the growing seedlings. These results corroborate those of [15] in the effect of different growing media on the growth of *Die fenbachia maculata*. They also showed that the physical characteristics of the growth medium affect the vigor of the plant. In addition, according to Bégin G in the potential use of sawdust as a growing medium for greenhouse tomato: phytotoxicity, growth and productivity [16]; the substrate must have a good air and water retention capacity in order to maximize the feeding of the seedling because the physical characteristics of a substrate play a very important role in the control of the irrigation of the substrate and consequently, the growth, the yield and the quality of the seedlings produced. Our results are also in line with the work of [17] in the evaluation of substrates and seedlings produced in forest nurseries. They showed that substrates induced a better growth of seedlings in the nursery. However, the poor growth of the seedlings observed would be due to the fact that the other substrates were relatively poor in nutrients or had poor physical characteristics. Our results confirm those of

[18] on the Influence of substrate composition on weaning of plantain (*Musa sp*) vivo plants. They showed that substrates consisting of soil (25%) and sawdust (75%) induced a low growth of seedlings.

Conclusion

The study showed that the regeneration rate is very high on carbonized rice husk soil substrates. In addition, the carbonized rice husk-soil substrate improved the agro-morphological parameters of cassava in the nursery. Therefore, substrates S3 and S6 can be recommended for the establishment of a cassava nursery. However, additional and diversified studies may be required for the productivity of dehydrated cassava mini-cuttings. They should take into account the yield parameters, the biochemical and organoleptic characterization of the tuberised roots of the mini-cuttings for the satisfaction of the present and future needs of the populations.

Compliance with ethical standards

Acknowledgments

Our thanks go to the Laboratory of Improvement of Agricultural Production of the University Jean Lorougnon of Daloa for the provision of plant material, as well as to the Head of the Scientific Research Department of the said university for his instructions.

Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no competing interests.

References

- [1] Olsen KM. SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. *Plant Molecular Biology*. 2004; 56: 517-526.
- [2] IITA. Cassava in tropical Africa a reference manual. Ibadan, Nigeria. 1990.
- [3] Akpingny KL, Koulou N. Cassava technical and economic data sheet. Edition ANADER, Côte d'Ivoire; 2017.
- [4] Patricio MDV, Akoua A, Tran T, Konan A, Bancal V. The cassava value chain in Côte d'Ivoire. 3rd ed. Agrinatura. Brussels: European Commission. 2018.
- [5] N'Zué B, Zohouri GP, Djédji C, Tahouo O. Growing cassava well in Côte d'Ivoire; National Agricultural Research center, Abidjan, Côte d'Ivoire. 2013.
- [6] Ayemou SA Study of the varietal behavior of new cassava clones (*Manihot esculenta Crantz*) in the Toumodi area (Central Côte d'Ivoire): case of Bringakro and Tontonou [Diploma of Advanced Studies, Agro-pedology]. Côte d'Ivoire: University of Abidjan-Cocody; 2000.
- [7] Tchoundjeu Z, Leakey RRB. Vegetative propagation of *Lovoa trichilioides*: effects of provenance, substrate, auxins and leaf area. *Jol of Trop For Sci*. 2001; 13: 116129.
- [8] Weigel J. Practical Agroforestry: for use by field workers in dry tropical Africa. 1994.
- [9] Ammari Y, Lamhamedi MS, Akrimi N, Zine El Abidine A. Composting of forest biomass and its use as growth substrate for seedling production in modern forest nurseries. *Revue de l'I.N.A.T*. 2003; 18: 99-119.
- [10] Ilunga TH, Banza MJ, Lukusa ML, Mukunto KI, Malonga HL, Kanyenga LA, Nyembo KL. Influence of NPK application timing on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) established on ferralsol. *Jol of Appl Biosci*. 2018; 127: 12794-12803.
- [11] Wolf B. The fertile triangle; The Interrelationship of air, water, and nutrients in maximizing soil productivity, Food Products Press, New York, USA. 1999.
- [12] Ignoumba GM. Improvement of plantain productivity on sandy soils of the Congolese coast by the introduction of leguminous plants in understorey [End of study thesis for the diploma of engineer of rural development. Institute of Rural Development]. Congo: Marien Ngouabi University. 2011.
- [13] Randrianarison N. Nursery management trials in recession tobacco cultivation: seedlings in beds and mini-pots. Determination of the effects of different substrate types on germination rate. Determination of the most appropriate sickling method [Final thesis for the diploma of agricultural engineer. Option: Agriculture]. University of Antananarivo. 2004.

- [14] Baiyeri KP. Response of *Musa* species to macro-propagation. 11: The effects of genotype, initiation and weaning media on sucker growth and quality in the nursery. *Afri Jol of Biotech.* 2005; 4(3): 229-234.
- [15] Adams BA, Osikabor B, Abiola JK, Jayeoba OJ, ABIOLA IO. Effect of Different Growing Media on the Growth of *Dieffenbachia maculata*. In: Fasina AS, Olufolaji AO, Umeh VC (eds). *The Role of Horticulture in Economic Development of Nigeria. Proceedings of the 21st Annual Conference of the Horticultural Society of Nigeria, Held at School of Agriculture, Lagos State Polytechnic Sagamu Road, Ikorodu, Lagos, Nigeria.* 2003; 10-13.
- [16] Bégin G. Potential use of sawdust as a growing medium for greenhouse tomato: phytotoxicity, growth and productivity [Master's thesis]. Québec: Laval University. 2008.
- [17] M'Sadak Y, Elouaer MA, El Kamel R. Evaluation of substrates and seedlings produced in forest nursery. *Boi and for tro.* 2012; 313(3): 61-71.
- [18] Mayeki JP, Ndong Biyo'OM, Ngnigone EC, Molouba F, Demikoyo D, Mibemu S, Effa B. Influence of substrate composition on weaning of plantain (*Musa sp*) vivoplants, Plant Biotechnology Laboratory IRAF- CENAREST in Sciences Sud N°3. 2010.

RESUME

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'amélioration de la production agricole et de la protection de l'environnement. Elle avait pour but d'identifier des alternatives d'origine organique aux engrais minéraux utilisés dans la culture du manioc. Les travaux ont consisté d'abord à optimiser la reprise des miniboutures déshydratées des variétés améliorées de manioc, Bocou 1 et Yavo en pépinière. Pour ce faire, dix substrats de composition variable ont été confectionnés à base de terre supplémentés de sciure de bois, de fiente de poulets, de balles de riz réduites en charbon et du NPK 10 18 18. Le taux de reprise des miniboutures et les paramètres morphologiques des plantules ont été évalués pendant vingt-un jours. Les résultats ont révélé que le taux de reprise est très élevé sur le substrat S3 (86,5 % chez Bocou 1 et 85,5 % chez Yavo). En outre, le substrat S4 a présenté six feuilles par plant chez Bocou 1 et dix feuilles chez Yavo avec une hauteur moyenne de 10 cm chez Bocou 1 et de 20 cm (Yavo). Secondairement, les travaux ont consisté à évaluer les effets de trois fumures sur les paramètres agronomiques des plants-pépinière après plantation. Les fumures étudiées étaient T1 : purin de fiente de poulets ; T2 : balles de riz réduites en charbon et T3 : NPK. Les résultats ont montré que les traitements T2S6 et T2S3 ont induit une meilleure croissance des plants. Les rendements les plus élevés ont été obtenus avec les traitements T3S2 (98,22 t/ha) et T2S8 (91 t/ha) respectivement chez Bocou 1 et Yavo. Au plan économique, les traitements T3S2 et T2S8 qui génèrent des revenus nets respectivement 37 016 600 FCFA/ha et 34 319 000 FCFA/ha ont été plus rentables. Les résultats de cette étude permettront d'orienter les acteurs de la filière manioc vers une nouvelle technique culturale plus rentable.

Mots clés : Manioc, pépinière, substrat, fertilisation, rendement

ABSTRACT

The present study is part of the improvement of agricultural production and the protection of the environment. It aimed to identify organic alternatives to mineral fertilizers used in cassava cultivation. The work consisted first of maximizing the recovery of dehydrated mini-cuttings of improved cassava varieties, Bocou 1 and Yavo in the nursery. To do this, ten variable substrates were made from soil supplemented with sawdust, chicken droppings, carbonized rice husks and NPK 10-18-18. The recovery rate of the mini-cuttings and the morphological parameters of the seedlings were evaluated for twenty-one days. The results revealed that the recovery rate was very high on substrate S3 (86.5% in Bocou 1 and 85.5% in Yavo). In addition, substrate S4 showed six leaves per plant in Bocou 1 and ten leaves in Yavo with an average height of 10 cm in Bocou 1 and 20 cm (Yavo). Secondly, the work consisted in evaluating the effects of three fertilizations on the agronomic parameters of the seedlings after planting. The manures studied were T1: chicken manure; T2: charred rice husks and T3: NPK. The results showed that treatments T2S6 and T2S3 induced better plant growth. The highest yields were obtained with treatments T3S2 (98.22 t/ha) and T2S8 (91 t/ha) at Bocou 1 and Yavo respectively. Economically, treatments T3S2 and T2S8, which generate gross revenues of 37 016 600 FCFA/ha and 34 319 000 FCFA/ha respectively, were more profitable. The results of this study will help guide cassava sector stakeholders towards a new, more profitable cropping technique.

Key words : Cassava, nursery, substrate, fertilization, yield