



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE



ANNEE : 2023-2024

N° D'ORDRE :

097

CANDIDAT

Nom : ESSY

Prénoms : KONAN JEAN-
FRANÇOIS

THESE DE DOCTORAT

Mention : Agriculture et Foresterie Tropicale

Spécialité : Agro-Physiologie/Phytotechnie

**Optimisation de la production du maïs (*Zea mays* L.) par
l'utilisation de la bouse de mouton et du détritux de
sorgho au centre de la Côte d'Ivoire (Bouaké et Katiola)**

JURY

Président : M. SORO Dogniméton, Professeur Titulaire,

Université Jean LOROUGNON GUEDE

Directeur : M. KOUASSI N'dri Jacob, Maître de Conférences,

Université Jean LOROUGNON GUEDE

Rapporteur : M. GORE BI Boh Nestor, Maître de Conférences,

Université Jean LOROUGNON GUEDE

Examineurs : M. GOGBEU Seu Jonathan, Maître de Conférences,

Université Jean LOROUGNON GUEDE

M. KOUAKOU Kouakou Laurent, Professeur Titulaire,

Université NANGUI ABROGOUA

Soutenue publiquement

le : 28 Septembre 2024



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE



ANNEE : 2023-2024

N° D'ORDRE

097

THESE DE DOCTORAT

Mention : Agriculture et Foresterie Tropicale

Spécialité : Agro-Physiologie/Phytotechnie

Optimisation de la production du maïs (*Zea mays* L.) par
l'utilisation de la bouse de mouton et du détritux de
sorgho au centre de la Côte d'Ivoire (Bouaké et Katiola)

Soutenue publiquement

le : 28 Septembre 2024

CANDIDAT

Nom : ESSY

Prénoms : KONAN JEAN-
FRANÇOIS

JURY

Président : M. SORO Dogniméton, Professeur Titulaire,

Université Jean LOROUGNON GUEDE

Directeur : M. KOUASSI N'dri Jacob, Maître de Conférences,

Université Jean LOROUGNON GUEDE

Rapporteur : M. GORE BI Boh Nestor, Maître de Conférences,

Université Jean LOROUGNON GUEDE

Examineurs : M. GOGBEU Seu Jonathan, Maître de Conférences,

Université Jean LOROUGNON GUEDE

M. KOUAKOU Kouakou Laurent, Professeur Titulaire,

Université NANGUI ABROGOUA

TABLE DES MATIERES.....	i
DEDICACE.....	viii
REMERCIEMENTS.....	ix
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	xi
LISTE DES TABLEAUX.....	xiv
LISTE DES FIGURES.....	xvi
LISTE DES ANNEXES.....	xvii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIER PARTIE : GENERALITES	5
1.1. Culture du maïs.....	6
1.1.1. Origine et distribution du maïs	6
1.1.2. Biologie du maïs.....	6
1.1.2.1. Systématique du maïs	7
1.1.2.2. Description botanique du maïs	7
1.1.3. Variabilité génétique du maïs	9
1.1.4. Système de production du maïs	10
1.1.5. Intérêt socio-économique de la culture du maïs	10
1.1.6. Contraintes liées à la production du maïs	10
1.1.6.1. Contraintes abiotiques.....	11
1.1.6.1.1. Conditions agro-pédologiques.....	11
1.1.6.1.2. Pluviométrie et température.....	11
1.1.6.2. Contraintes biotiques.....	11
1.1.6.2.1. Ravageurs.....	11
1.1.6.2.2. Maladies du maïs.....	13
1.1.6.2.3. Parasites du maïs : le striga.....	14
1.1.7. Techniques culturales du maïs.....	15

1.1.7.1. Choix du terrain	15
1.1.7.2. Préparation du sol	15
1.1.7.3. Semis.....	15
1.1.7.4. Entretien de la parcelle.....	15
1.1.7.4.1. Désherbage	15
1.1.7.4.2. Fertilisation.....	16
1.1.7.5. Protection phytosanitaire	16
1.1.7.6. Récolte	16
1.1.8. Densité de semis et rendement des cultures de maïs	17
1.2. Matière organique	18
1.2.1. Matière organique et rôle de la matière dans le sol.....	18
1.2.2. Fertilisants	19
1.2.2.1. Fertilisation minérale et production des plantes cultivées.....	19
1.2.2.2. Fertilisation organique et production des plantes cultivées.....	19
1.2.2.3. Fertilisation organo-minérale et production des plantes cultivées	20
1.3. Présentation de la zone d'étude	21
1.3.1. Site de Katiola.....	21
1.3.1.1. Présentation géographique et administrative	21
1.3.1.2. Milieux naturels	22
1.3.1.2.1. Climat.....	22
1.3.1.2.2. Végétation.....	24
1.3.1.2.3. Hydrologie.....	24
1.3.1.3. Milieu humain	25
1.3.2. Site de Bouaké	25
1.3.2.1. Présentation géographique et administrative	25
1.3.2.2. Milieux naturels	26
1.3.2.2.1. Climat et hydrologie.....	26

1.3.2.2.2. Végétation et sol.....	28
1.3.2.3. Milieu humain.....	28
1.3.2.3.1. Population.....	28
1.3.2.3.2. Activités économiques	28
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	30
2.1. Présentation des sites expérimentaux	31
2.1.1. Site de Katiola.....	31
2.1.2. Site de Bouaké.....	31
2.2. Matériel	31
2.2.1. Matériel végétal	31
2.2.2. Fertilisants	32
2.2.3. Matériel de terrain	33
2.2.4. Matériel de laboratoire.....	34
2.3. Méthodes.....	35
2.3.1. Ramassage et conditionnement de la bouse de mouton et du détritux de sorgho	35
2.3.2. Méthodes d'analyse chimique de la bouse de mouton, du détritux de sorgho et du sol de Bouaké et Katiola	36
2.3.2.1. Détermination du taux d'azote total.....	36
2.3.2.2. Détermination de la teneur en phosphore total	37
2.3.2.3. Détermination de la teneur en cations (Ca ²⁺ , K ⁺ et Mg ²⁺).....	37
2.3.3. Identification du fertilisant le plus performant	38
2.3.3.1. Préparation du sol	38
2.3.3.2. Utilisation des trois types de fertilisants.....	38
2.3.3.3. Densité et semis des graines	39
2.3.3.4. Dispositif expérimental pour identifier le fertilisant le plus performant	39
2.3.4. Détermination de la dose de détritux de sorgho et de la densité de semis optimales....	46
2.3.4.1. Densité et semis des graines pour déterminer la dose optimale	46

2.3.4.2. Utilisation des différentes doses de détritux de sorgho.....	46
2.3.4.3. Dispositif expérimental pour déterminer la dose et la densité de semi optimales.....	47
2.3.5. Entretien des parcelles.....	49
2.3.6. Mesure des paramètres agromorphologiques du maïs	49
2.3.7. Mesure des paramètres de rentabilité économique	50
2.3.7.1. Production Brute en Valeur des pratiques culturales	50
2.3.7.2. Production Brute en Valeur de l'Innovation	51
2.3.7.3. Coûts Nets de la Production des pratiques culturales	51
2.3.7.4. Coût Net de l'Innovation	52
2.3.7.5. Marge Nette des pratiques culturales	52
2.3.7.6. Marge Nette de l'Innovation	52
2.3.7.7. Ratio (R): Marge Nette / Coût Net.....	53
2.3.8. Analyse statistique.....	53
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	55
3.1. Résultats.....	56
3.1.1. Effet du type de fertilisant, de la variété, de l'année et de la localité sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	56
3.1.1.1. Analyse descriptive des données quantitatives.....	56
3.1.1.2. Corrélation entre les paramètres agromorphologiques du maïs.....	57
3.1.1.3. Composition chimique des fertilisants organiques et du sol de Bouaké et Katiola avant culture.....	59
3.1.1.4. Détermination de la significativité des différents facteurs sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	60
3.1.1.5. Effet des fertilisants sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	61
3.1.1.6. Effet de la variété sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	62
3.1.1.7. Effet de l'année de culture sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	63

3.1.1.8. Effet de la localité sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	64
3.1.1.9. Effet de l'interaction fertilisation-variété sur les paramètres agromorphologiques du maïs	65
3.1.1.10. Effet de l'interaction localité-année de culture sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	66
3.1.1.11. Analyse en composantes principales (ACP) des paramètres agromorphologiques du maïs pour le choix des fertilisants.....	69
3.1.2. Détermination de la dose de fertilisant et de la densité de semis optimales.....	71
3.1.2.1 Détermination de la significativité des différents facteurs sur les paramètres agronomiques du maïs	71
3.1.2.2. Effet des doses de fertilisant sur les paramètres agronomiques de maïs.....	72
3.1.2.3. Effet des densités sur les paramètres agronomiques du maïs.....	73
3.1.2.4. Effet de l'année de culture sur les paramètres agronomiques du maïs.....	74
3.1.2.5. Effet de l'interaction dose de fertilisant-densité sur les paramètres agronomiques du maïs.....	75
3.1.2.6. Effet de l'interaction dose de fertilisant-année sur les paramètres agronomiques du maïs.....	75
3.1.2.7. Effet de l'interaction année-densité sur les paramètres agronomiques du maïs.....	78
3.1.2.8. Effet de l'interaction Dose-Densité-Année sur les paramètres agronomiques du maïs.....	78
3.1.3. Détermination de la rentabilité économique de la fertilisation organique du maïs (<i>Zea mays</i> L.).....	83
3.1.3.1. Comparaison des Productions Brutes en Valeur.....	83
3.1.3.2. Comparaison des Marges Nettes de production.....	83
3.1.3.3. Coût Net de l'innovation, Marge Nette de l'innovation et ratio Marge Nette / Coût Net.....	84
3.2. Discussion	85

3.2.1. Effet du type de fertilisant, de la variété, de l'année et de la localité sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	85
3.2.1.1. Composition chimique des fertilisants organiques et du sol de Bouaké et de Katiola avant culture.....	85
3.2.1.2. Effet des fertilisants sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	86
3.2.1.3. Effet de la variété sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	87
3.2.1.4. Effet de la localité sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	88
3.2.1.5. Effet de l'interaction fertilisant-variété sur les paramètres agromorphologiques du maïs	90
Conclusion partielle.....	90
3.2.2. Effet de la dose de fertilisant ,de la densité et de l'année sur les paramètres agronomiques du maïs.....	91
3.2.2.1. Effet des doses de fertilisant sur les paramètres agronomiques du maïs	91
3.2.2.2. Effet des densités de semis sur les paramètres agronomiques du maïs	91
3.2.2.3. Effet de l'interaction dose de fertilisant-densité sur les paramètres agronomiques du maïs	93
3.2.2.4. Effet de l'interaction dose de fertilisant-densité-année sur les paramètres agronomiques du maïs.....	93
Conclusion partielle	94
3.2.3. Détermination de la rentabilité économique de la fertilisation organique du maïs (<i>Zea mays</i> L.).....	94
Conclusion partielle.....	95
CONCLUSION GENERALE RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	97
Conclusion générale.....	98
Recommandations.....	98
Perspectives.....	99
REFERENCES	100

ANNEXES.....	xviii
--------------	-------

DEDICACE

Ce travail de thèse n'aurait connu d'aboutissement sans la confiance, l'amour et le soutien de ma famille. Je le dédie notamment à :

mon père Koffi Konan Antoine à qui je rends un vibrant hommage. Père, veuillez trouver ici l'expression de ma profonde admiration et ma considération ;

ma mère Essè Adjoua Joséphine à qui je dois tout. Maman, veuillez accepter toute ma gratitude pour ton courage, ton soutien et ton amour indéfectible.

*ma princesse Koné Adiaban Elodie et mon fils, mon trésor Essy Jean David Ariel,
merci pour vos soutiens, vos conseils précieux et votre patience.*

REMERCIEMENTS

L'aboutissement de ce projet de thèse est l'œuvre de multiples contributions qui méritent notre reconnaissance et bien plus, nos remerciements à tous ceux qui ont permis sa réalisation.

Je voudrais ici nommer :

-Professeur Titulaire KROU Adjo Viviane Epouse ADOHI, Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, pour tous les efforts pour la bonne marche de l'Institution ;

-Professeur Titulaire SORO Dogniméton, Vice-Président chargé de la Pédagogie, de la Vie Universitaire, de la Recherche et de l'Innovation Technologique de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa qui a été toujours disponible pour répondre à nos préoccupations au plan académique ;

-Professeur Titulaire TOURE Issiaka, Vice-Président chargé de la Planification, de la Programmation et des Relations Extérieures de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa pour ses encouragements, ses conseils et pour son implication à la bonne marche de l'Institution.

-Docteur TONESSIA Dolou Charlotte, Maître de Conférences, Directrice de l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa pour sa disponibilité et ses sages conseils dont nous avons bénéficiés durant toutes ces années académiques.

-Docteur KOUASSI N'Dri Jacob, Maître de conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, qui, malgré ses nombreuses charges, a accepté d'assurer la direction scientifique de ce travail. Vous avez su nous inculquer votre rigueur scientifique. Par vos conseils constants et éclairés, votre grande compétence, votre dynamisme, votre polyvalence scientifique et vos cours dispensés en Master, vous nous avez permis de développer notre amour pour la recherche innovatrice.

Les discussions fructueuses que nous avons eues lors de nos échanges et vos conseils ont été pour nous une source de motivation. Nous voudrions vous dire infiniment merci pour tous les efforts que vous avez consentis pour la réalisation de ces travaux.

Je souhaite par la suite remercier tous les membres du jury pour l'intérêt porté à nos travaux. ce sont : M. SORO Dogniméton, Professeur Titulaire, qui a accepté de présider ce jury ; ainsi que Docteurs GORE BI Boh Nestor, Maître de Conférences, GOGBEU Seu Jonathan, Maître de Conférences et KOUAKOU Kouakou Laurent, Professeur Titulaire, qui, à travers leurs rapports critiques et objectifs, ont contribué à mieux mettre en évidence la valeur scientifique des travaux menés.

J'exprime ma profonde gratitude à toute ma famille qui sans son soutien moral, matériel, je n'aurais pu mener à bien ce travail. Ainsi :

Je suis sincèrement reconnaissant envers mon petit-frère, Konan Kouadio Jean Hervé ; mon cousin, N'Guetta Koffi Odilon ; mes sœurs Konan Adjoua Martine, Konan Akissi Nathalie, Konan Elodie, Konan Félicité et Konan Adjoua Kan Amandine.

Je remercie également mes amis, Kouadio Kouassi Patrice, Djan N'Guessan Michel, Soro Drissa ; mes collègues du lycée classique 1 et 2 de Bouaké, Tra bi Youan Lucien Smith, Kouassi Yao Blaise, Boni Beda Eric Serge, Diomandé Jean-Claude et Kouamé Louis Camilles Dorgelès pour leurs prières et leur soutien sans faille.

A tous les étudiants de la promotion de Master (2015-2017) du parcours "Sciences agronomiques option Biosciences et Amélioration de la production végétale et particulièrement Soro Lacina, Fondio Drissa, Keita Gaoussou, les trois premiers Docteurs de ladite promotion sans oublier Yéo N'Djamongo, Souaré Bakary et N'Zué Kouakou encore dans l'attente.

Aussi j'aimerais exprimer ma reconnaissance envers tous ceux qui ont instruit cette thèse.

S'il est vrai que rien ne peut s'obtenir sans effort, il reste aussi vrai que la réussite n'est pas que le fruit des efforts personnels car elle dépend non seulement de la collaboration et des encouragements, mais aussi des conseils et de la sympathie que nous accordent les autres. Que tous ceux et celles dont les noms ne sont pas mentionnés sur ces pages, se sentent cordialement remerciés et rassurés de mon affection.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

%	: Pourcentage
°C	: Degré Celsius
Al	: Aluminium
ANADER	: Agence Nationale d'Appui au Développement Rural
ANOVA	: Analyse de la variance
B	: Bore
B M	: Bouse de mouton
BV	: Bouse de vache
C	: Carbone
Ca	: Calcium.
CEC	: Capacité d'Échange Cationique
CiCo	: Circonférence du collet
CiEp	: Circonférence de l'épi
C/N	: Rapport carbone /azote
Cm	: Centimètre
CNI	: Coût net de l'innovation
CNP	: Coûts Nets de production
CNPi	: Coût brut de la production avec innovation
CNPt	: Coût brut de la production sans innovation.
D	: Densité
D S	: Détritrus de sorgho
FAO	: Food and Agriculture Organisation (Organisation des nations unies pour l'alimentation)
FCFA	: Franc de la Communauté Financière Africaine
Fe	: Fer
F8128	: Variété de maïs
g	: Gramme
g/kg	: Gramme par kilogramme
g/l	: Gramme par litre

HaIE	: Hauteur d'insertion de l'épi
HaPl	: Hauteur de la plante
INP-HB	: Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny de Yamoussoukro
K	: Potassium
kg	: Kilogramme
kg/ha	: Kilogramme par hectare
km ²	: Kilomètre carré
LAVES	: Laboratoire d'Analyses des Végétaux et des Sols de l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Yamoussoukro
l/ha	: Litre par hectare
LoEn	: Longueur de l'entrenœud
LoEp	: Longueur de l'épi
MANOVA	: Analyse multiple de la variance
mg	: Milligramme
Mg	: Magnésium
mm	: Millimètre
MN	: Marge nette de production
MNI	: Marge nette de l'innovation
MGsE	: Masse des grains secs par épi
MS	: Matière sèche
MSEp	: Masse de l'épi sec
N	: Azote
Na	: Sodium
NoFe	: Nombre de feuilles
NoEn	: Nombre d'entrenœuds
NoGE	: Nombre de grains par épi
NPK	: Engrais chimique composé d'azote, de phosphore et de potassium
P	: Phosphore
PIB	: Produit Intérieur Brut
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le développement
r	: Corrélation
R	: Marge Nette / Coût Net

Rdt	: Rendement
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RONGEAD	: Réseau européen des organisations non gouvernementales sur les questions agro-alimentaires et le développement
S	: Soufre
SAA	: Spectrométrie d'absorption atomique à flamme air-acétylène
t/ha	: Tonne par hectare
TS	: Parcelle sans apport de fumure
TR	: Traitement de référence (NPK+UREE)
Zn	: Zinc

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Norme d'interprétation pour l'azote.....	36
Tableau II: Norme d'interprétation du phosphore total	37
Tableau III : Normes d'interprétation pour le potassium, le calcium et le magnésium.....	38
Tableau IV: Méthodes de mesures des paramètres agromorphologiques du maïs en réponse aux différents facteurs	50
Tableau V : Analyse descriptive des données quantitatives.....	57
Tableau VI : Corrélation entre les paramètres agromorphologiques du maïs.....	58
Tableau VII: Composition chimique des fertilisants organiques et du sol de Bouaké et Katiola avant culture	60
Tableau VIII: Résultats des tests multivariés de significativité de différents facteurs sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	61
Tableau IX : Effet des fertilisants sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	62
Tableau X : Effet de la variété sur les paramètres agromorphologiques du maïs	63
Tableau XI : Effet de l'année de culture sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	64
Tableau XII : Effet de la localité sur les paramètres agromorphologiques du maïs.....	65
Tableau XIII: Effet de l'interaction fertilisation-variété sur les paramètres agro morphologiques du maïs.....	67
Tableau XIV: Effet de l'interaction année de culture-localité sur les paramètres agro morphologiques du maïs.....	68
Tableau XV : Résultats des tests multivariés de significativité de différents facteurs sur les paramètres agronomiques du maïs.....	71
Tableau XVI : Effet des doses de fertilisant sur les paramètres agronomiques du maïs	72
Tableau XVII : Effet des densités de semis sur les paramètres agronomiques du maïs	73
Tableau XVIII : Effet de l'année de culture sur les paramètres agronomiques du maïs.....	74
Tableau XIX: Effet de l'interaction densité de semis-dose de fertilisant sur les paramètres agronomiques du maïs.....	76
Tableau XX : Effet de l'interaction dose de fertilisant-année de culture sur les	

paramètres agronomiques du maïs.....	77
Tableau XXI : Effet de l'interaction année-densité sur les paramètres agronomiques du maïs.....	79
Tableau XXII : Effet de l'interaction Dose-Densité-Année sur les paramètres agronomiques du maïs	80
Tableau XXIII : Variation de la production brute entre le traitement de référence (TR) et le traitement fertilisant organique (DS).....	83
Tableau XXIV : Marges nettes (FCFA) de production de 2020 à 2021.....	84
Tableau XXV : coût et bénéfice nets liés à l'utilisation du détritux de sorgho (DS).....	84

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Morphologie d'un pied de maïs (Toundou <i>et al.</i> , 2017).....	8
Figure 2: Carte de la zone d'étude (Katiola).....	21
Figure 3: Diagramme ombrothermique de Katiola pour l'année 2019, 2020 et 2021.....	23
Figure 4: Carte de la zone d'étude (Bouaké).....	26
Figure 5: Diagramme ombrothermique de Bouaké pour l'année 2019, 2020 et 2021.....	27
Figure 6: Deux variétés de maïs utilisées dans les essais. a : grains de la variété violet de Katiola b :grains de la variété F8128.....	32
Figure 7: Fertilisants organiques et minéral. a :Bouse de mouton .b :Détritus de sorgho .c :NPK15-15-15	33
Figure 8 : Quelques outils utilisés sur le terrain.....	34
Figure 9: Matériel de laboratoire.....	35
Figure 10: Dispositif expérimental relatif à l'identification du fertilisant optimisant la production du maïs.....	40
Figure 11: Dispositif expérimental relatif à la détermination de la densité de semis et la dose optimale du détritus de sorgho optimisant la production du maïs.....	48
Figure 12 : Répartition des fertilisants en fonction des composantes du rendement respectivement des plantes de la variété 1 et de la variété 2.....	70

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : a : Bouse de Mouton sur l'espace appelé « SAKABO » polluant l'environnement Stockage de Détritus de Sorgho issu de la fabrication du <i>Tchapalo</i>	xix
Annexe 2 : a : Vue d'ensemble de la parcelle b : Parcelle témoin sans apport de fertilisant au stade 8 feuilles	xx
Annexe 3 : a : Parcelle traitée avec le NPK15-15-15 au stade 8 feuilles b : Parcelle traitée avec la bouse de mouton au stade 8 feuilles	xxi
Annexe 4 : Parcelle traitée avec le détritrus de sorgho au stade 8 feuilles.....	xxii
Annexe 5 : Vue d'ensemble de la parcelle au stade de fructification.....	xxiii
Annexe 6 : Parcelle témoin sans apport de fertilisant au stade de fructification.....	xxiv
Annexe 7 : Parcelle traitée avec le NPK15-15-15 au stade de fructification	xxv
Annexe 8 : Parcelle traitée avec la bouse de mouton au stade de fructification.....	xxvi
Annexe 9 : Parcelle traitée avec le détritrus de sorgho au stade de fructification	xxvii

INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture constitue le pilier de l'économie des pays en voie de développement. En Côte d'Ivoire, elle fournit en moyenne 30 à 35% du produit intérieur brut (PIB) (Nuama, 2006). Cette agriculture s'est formée sur deux composantes à savoir les cultures industrielles et vivrières. Ainsi, pour tirer profit de ce secteur, l'Etat ivoirien a mis l'accent sur le développement des cultures industrielles notamment la filière café-cacao. Cependant, les cultures vivrières qui constituent la base de l'alimentation directe et qui contribuent à la sécurité alimentaire des ivoiriens, sont toutefois à l'écart d'investissements conséquents. Aussi elles ne bénéficient d'aucune réforme d'encadrement et d'organisation particulière (Fondio *et al.*, 2011). De ce fait, nous assistons très souvent à une faible production de certaines cultures, dont le maïs. Le maïs est consommé fortement sous plusieurs formes dans la région de Bouaké et Katiola, et constitue l'aliment de base des populations du nord de la Côte d'Ivoire (Kouakou *et al.*, 2005). Certaines entreprises fabriquent des aliments de nourrissons à partir du maïs (Olive *et al.*, 2020). On peut tirer de la fermentation des grains de maïs de l'alcool qui sert notamment, en complément d'autres sources, à la préparation de boisson (le *tchapalo*, la bière, le whisky). Dans l'alimentation animale, la plante entière peut être consommée par le bétail comme fourrage frais ou sec ou comme ensilage. Le maïs est une plante d'élevage ; il permet donc d'engraisser plus rapidement les bovins et augmente ainsi la production de lait des vaches. Au niveau nutritionnel, le maïs est riche en composé glucidique (11,7 g), en protéines (3,36g), en lipides (1,5g) et en fibres (2,4g). Il contient également des vitamines telles que les vitamines B3 (1,68 mg) et C (5,5mg) selon Sika *et al.*, (2019). Malgré son importance sociale et économique, la culture du maïs reste encore faible dans notre pays. Les rendements obtenus en milieu paysan de l'ordre de 650 à 800 kg/ha, sont extrêmement bas (Deffan *et al.*, 2015). Ils pourraient encore baisser sous l'effet de la fragilité des sols, de la très forte pression parasitaire, de l'absence de ressources humaines et financières adéquates. Cette baisse pourrait être accentuée par des perturbations agro-climatologiques de plus en plus fréquentes et surtout de la pression démographique. La conséquence de cette pression est la réduction des jachères conduisant à la dégradation du sol et aux faibles rendements des cultures (Noufé, 2011).

La chute des rendements constitue une préoccupation majeure pour les paysans. Ainsi, l'utilisation des engrais chimiques apparaît comme une solution. Cependant, leur coût élevé les rend presque inaccessibles aux petits paysans (Useni *et al.*, 2013). Par ailleurs, les problèmes écologiques et environnementaux qu'ils causent, la fertilisation minérale seule ne permet pas de maintenir la fertilité des sols. Aussi l'usage exclusif des engrais chimiques entraîne une

augmentation de l'acidité du sol, et par suite une dégradation de son statut physique et une baisse de la matière organique (Mulaji, 2011).

Face à l'épineux problème de la pauvreté des sols, cause principale de la baisse des rendements des cultures, l'une des solutions pourrait être l'utilisation et la valorisation des déchets organiques urbains. La gestion de ces déchets constitue un enjeu environnemental (pollution) et économique (coût de traitements élevé). Par ailleurs les déchets sont très riches en éléments fertilisants pour les sols, ils constituent donc une opportunité pour améliorer durablement la production agricole et la qualité des sols cultivés (Rasoarahoana, 2017). Le compostage de ces déchets vise à stabiliser et hygiéniser les fractions fermentescibles en vue généralement de la production d'amendements organiques valorisables en agriculture. Par ailleurs le compostage permet encore de fournir des amendements organiques qui peuvent constituer une des seules sources de matières organiques (MO) pouvant exister dans les zones d'agriculture intensive (Longanza *et al.*, 2015). En effet, l'utilisation des fertilisants organiques issus de ces déchets organiques améliore les propriétés des sols, rend disponibles les nutriments dans le sol et réduit les risques de pollution (Weber *et al.*, 2007). Ils améliorent la structure des sols, augmentent la capacité de rétention en eau et des nutriments dans le sol, stimulant l'activité microbienne. Ce qui augmente les rendements (Kowaljow et Mazzarino, 2007). De plus, les sources des fertilisants organiques ayant un rapport C/N en dessous de 20 contiennent une concentration élevée de nutriments (Tognetti *et al.*, 2008) et possèdent des potentiels d'immobilisation de l'azote. L'application des fertilisants organiques pourrait paraître comme une alternative durable à l'emploi des engrais de synthèse pour un plus grand équilibre du sol (Beauchamp, 2003 ; FAO, 2003) et une agriculture respectueuse de l'environnement et de la santé humaine.

Dans le but d'améliorer la situation socio-économique du monde rural ivoirien, un projet a été initié dont l'objectif principal est la valorisation des déchets organiques urbains pour la gestion durable des sols. C'est dans ce contexte que se situe le présent travail qui vise à l'optimisation de la production du maïs dans les zones centre et centre-nord par l'utilisation des déchets organiques urbains. Ainsi, la présente étude intitulée : « Optimisation de la production du maïs (*Zea mays* L.) par l'utilisation des déchets organiques urbains en régions de savane de la Côte d'Ivoire : cas des villes de Bouaké et Katiola » dont nous rendons compte, se veut de proposer une alternative à l'utilisation des engrais de synthèse.

Ce travail s'articule autour des trois hypothèses ci-après :

- les fertilisants issus des déchets organiques pourraient optimiser la productivité du maïs et cela dépendrait -il de la variété utilisée, l'année de culture et la localité ;
- le fertilisant organique identifié comme performant agirait à dose et à densité de semis optimale ;
- l'utilisation du détritrus de sorgho comme fertilisant serait économiquement rentable ;

Afin de vérifier ces hypothèses et atteindre l'objectif général de cette étude, les trois objectifs spécifiques suivants sont proposés :

- évaluer l'effet fertilisant des déchets organiques et identifier le fertilisant le plus performant
- déterminer la densité de semis et la dose du fertilisant organique identifié comme celui optimisant le plus le rendement du maïs ;
- adopter le système innové et estimer sa rentabilité économique.

Outre l'introduction, la conclusion et les perspectives, le présent mémoire est subdivisé en trois parties :

- la première partie consacrée à la revue bibliographique, présente les généralités sur le maïs, la matière organique et les fertilisants et la présentation des zones d'étude. Elle permet de présenter l'état des connaissances utiles à la compréhension des essais effectués ;
- la deuxième partie présente le matériel et les méthodes. Elle comprend : la description du site d'étude, le matériel et la méthodologie utilisée pour l'acquisition des données ;
- la troisième partie présente les résultats obtenus et leur discussion.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

1.1 Culture du maïs

La baisse de rendement des cultures vivrières, en Afrique subsaharienne devient de plus en plus préoccupante surtout celui du maïs. Cette baisse serait due à la non maîtrise des techniques culturales, à la pauvreté des sols (Yao *et al.*, 2012) et aux contraintes biotiques. Dans le but de maîtriser la production, il est important de faire une synthèse des travaux réalisés sur la plante. Dans ce chapitre, un aperçu général a été donné sur l'origine et la distribution du maïs, la biologie, la variabilité génétique, le système de production, l'intérêt socio-économique de la culture, les contraintes liées à la production et les techniques culturales.

1.1.1. Origine et distribution du maïs

Espèce, originaire d'Amérique centrale, le maïs était déjà l'aliment de base des Amérindiens avant la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb (Carrarétto, 2005). La plante fut divinisée dans les anciennes civilisations d'Amérique centrale et méridionale. De nombreuses théories ont été avancées pour expliquer l'origine du maïs. Celle du maïs sauvage, qui existe depuis plusieurs millénaires, qui est soutenue par celle du téosinte ancêtre du maïs est la plus probable. Un très grand nombre de preuves issues de la biologie accréditent aujourd'hui la théorie selon laquelle le téosinte est l'ancêtre du maïs cultivé (Barrière, 2000). Les très grandes différences morphologiques présentes entre le maïs et le téosinte sont dues à un nombre étonnamment faible de gènes. Des croisements entre des plants de maïs cultivés et des plants de téosinte ont montré que les principales différences morphologiques entre ces deux plantes sont codées par des gènes présents dans dix petites zones du génome. Pour deux de ces zones, un seul gène est présent. Notamment le gène *tb1* qui contrôle l'architecture de ces plants et leur déterminisme sexuel. Ce gène est identique entre le maïs et le téosinte mais la sélection naturelle s'est effectuée sur le promoteur qui règle ce gène ; le promoteur a une intensité d'expression différente entre le téosinte (d'où son aspect buissonnant avec de nombreuses inflorescences mâles sur les branches), et le maïs marqué par une forte dominance apicale (petit nombre de tiges peu ramifiées et portant de nombreuses inflorescences femelles) (Gallais, 2013).

1.1.2. Biologie du maïs

Le maïs est une plante herbacée annuelle monoïque de taille variable (de 1 à 3 m pour les variétés couramment cultivées).

1.1.2.1. Systématique du maïs

Le maïs appartient au règne végétal, à la classe des Liliopsidées, à l'ordre des Cypéales, à la famille des Poacées, à la sous-famille des Panicoidées, au genre *Zea* et à l'espèce *Zea mays*. C'est une plante qui ne peut se multiplier à l'état naturelle sans l'intervention de l'homme c'est ce qui expliquerait son absence à l'état sauvage (Doré *et al.*, 2006).

1.1.2.2. Description botanique du maïs

La tige ou chaume, de gros diamètre variant de 5 à 16 cm, pleine lignifiée, est formée de plusieurs entre-nœuds comme d'autres graminées. Le pied de maïs est capable de tallage ; toutefois il subit une sélection qui fait que l'apparition des tiges secondaires est plus rare dans la plupart des variétés cultivées (Sebaa, 2021). Ce caractère s'exprime plus fréquemment quand le maïs se trouve dans des conditions de culture très favorables. Les cultivateurs tendent à considérer les tiges secondaires comme nocives en les accusant de "pomper" inutilement les nutriments, et il est fréquent qu'ils les coupent. Des études scientifiques semblent montrer que le tallage n'est ni bénéfique ni nuisible au plein développement des épis de maïs. Le seul intérêt actuel de ce comportement en culture semble être favorable pour le maïs fourrager. Au niveau de chaque nœud, sont insérées des feuilles alternativement d'un côté et de l'autre de la tige. On compte entre 14 à 22 feuilles selon les variétés. Les feuilles typiques des graminées à nervures parallèles, mais de grande taille (jusqu' à 10 cm de large et 1,50 m de long) ont une gaine enserrant la tige et un limbe allongé en forme de ruban (Bahadur *et al.*, 2015). A la base du limbe se trouve la ligule mesurant quelques millimètres. Le système racinaire comprend un très grand nombre de racines adventives qui naissent sur les nœuds situés à la base de la tige, formant des couronnes successives tant sur les nœuds enterrés que sur les premiers nœuds aériens dans une zone où les entre-nœuds sont très courts (figure 1). Les racines forment un système fasciculé qui peut atteindre une profondeur supérieure à un (1) mètre et dont l'ancrage permet d'éviter la verse (Waongo, 2009). Les fleurs sont unisexuées et regroupées en inflorescences mâles et femelles composées d'épillets. Les fleurs femelles sont groupées en épi insérés à l'aisselle des feuilles médianes (les plus grandes). Les fleurs mâles sont groupées dans une panicule terminale qui apparaît après la dernière feuille. Cette panicule est constituée d'épillets regroupant chacun 2 fleurs à 3 étamines. Le grain de maïs est un caryopse, formé de deux (2) parties d'origine différente (Toundou *et al.*, 2017).

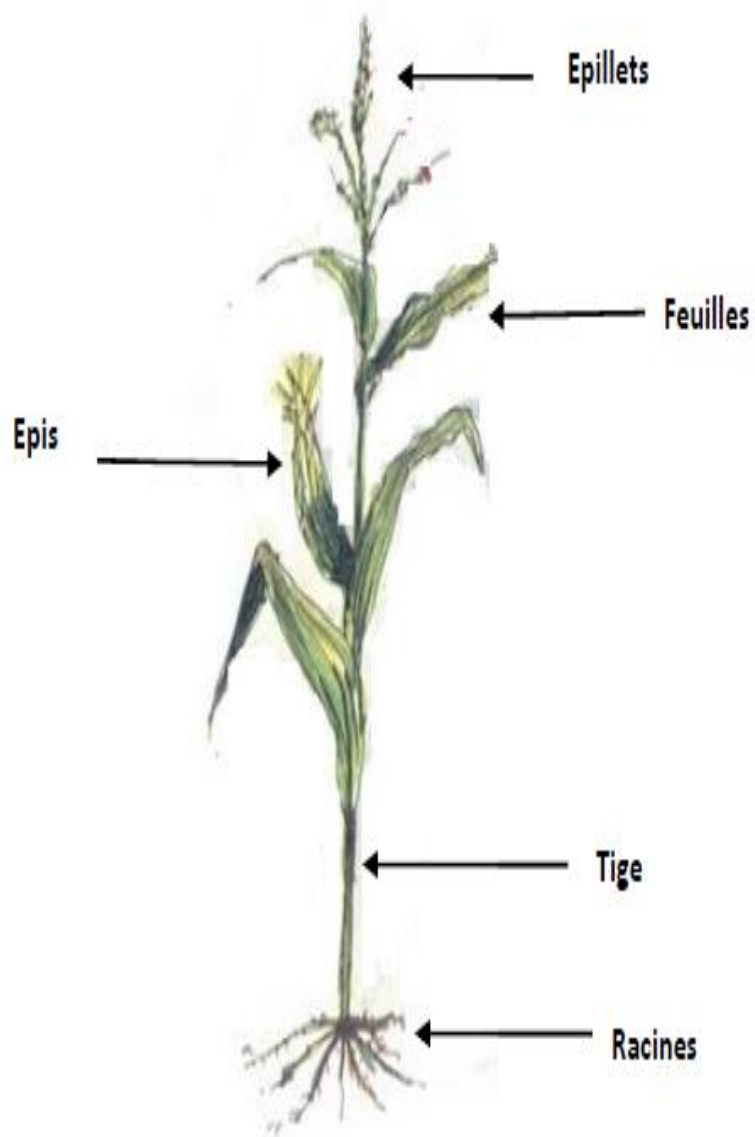


Figure 1: Morphologie d'un pied de maïs (Toundou *et al.*, 2017)

1.1.3. Variabilité génétique du maïs

La diversité existante chez le maïs est spectaculaire pour une plante cultivée, en raison de l'absence de barrière reproductive avec le pool génique sauvage d'origine. Cette variabilité se reflète aussi par les différences morphologiques de l'épi et par les caractéristiques de l'albumen de la graine. Bennetzen *et al.*, (2001) a élaboré une autre classification du maïs, basée sur le type de l'endosperme. Il a obtenu huit groupes dénommés : maïs corné, maïs farineux, maïs denté, maïs pop, maïs tendre, maïs creux, maïs amylacé, maïs tunique. D'autres classifications ont été réalisées, faisant appel à beaucoup d'autres données. Les données agronomiques ont été complétées par des caractéristiques botaniques pour constituer une robuste classification initiale. Des données génétiques, cytologiques, enzymatiques et moléculaires ont été par la suite ajoutées (Marijaj *et al.*, 2002). Il existe désormais diverses catégories : formes (peu employées), races, complexes raciaux et plus récemment branches. Goodman (1977) aurait reconnu 14 complexes raciaux, combinant les caractères morphologiques et données statistiques. Il les a identifiés à partir de 20000 populations de maïs américain. La majorité de ces races présente un intérêt local. L'existence de cette diversité génétique au sein de la population de maïs est un atout majeur pour l'amélioration de la plante et de la production.

En Côte d'Ivoire cent soixante-onze accessions (171) de maïs collectées dans les régions des Savanes, du Denguélé, de la Vallée du Bandama, du Moyen-Cavally et du Bas-Sassandra, ont été évaluées au plan agromorphologique. L'étude a permis de structurer les accessions en 5 groupes de diversité morphologique, chacun constituant un pool dans lequel des caractères spécifiques peuvent être trouvés. Ainsi, la hauteur de la plante, la hauteur d'insertion de l'épi, le cycle de semi-floraison mâle et le diamètre de l'épi sont les principaux caractères de distinction entre les groupes d'accessions. Le groupe I est composé d'accessions de cycle végétatif intermédiaires avec une taille moyenne. Le groupe II renferme les plantes précoces et de petite taille. Le groupe III comporte les accessions tardives et de grande taille. Le groupe IV renferme les accessions tardives et de très grande taille. Le groupe V est caractérisé par des plantes très tardives et grandes. Ces groupes offrent une grande possibilité de choix de géniteurs pour la création de variétés améliorées de maïs ayant un potentiel de rendement élevé et adaptées à différentes zones agroclimatiques de la Côte d'Ivoire (Deffan *et al.*, 2015).

1.1.4. Système de production du maïs

Le système de production ou système d'exploitation agricole est l'ensemble des moyens interdépendants mis en œuvre par l'agriculteur pour produire (Olivier-salvagnac et Legagneux, 2012). Il semble constituer le centre d'une série de notions regroupées sous un terme générique de système agricole. Les moyens habituellement mobilisés sont : la terre, le travail et le capital. Les agriculteurs ivoiriens en général sont à la recherche d'une diversification de leurs productions. Le maïs se révèle être une production de bon rapport entre un revenu complémentaire et une bonne maîtrise technique. Il faut noter que le maïs est une culture reléguée au second plan. En effet, la plupart des travaux du maïs sont pratiqués après avoir fini ceux des cultures principales qui sont le coton pour certains et le riz ou le café-cacao pour les autres (Chaléard, 2003).

1.1.5. Intérêt socio-économique de la culture du maïs

Le grain de maïs est essentiellement destiné à l'alimentation humaine, animale et comme matière première pour de nombreuses applications industrielles. En Côte d'Ivoire, très peu de travaux ont été consacrés à l'utilisation du maïs. Ceci s'expliquerait par le fait qu'actuellement le maïs est considéré par le paysan ivoirien comme une culture d'appoint, et est pour la grande majorité autoconsommée. Dans les régions du nord, le maïs est utilisé, comme le mil et le sorgho, pour la fabrication de la bière locale. La composition chimique du maïs peut varier en fonction de la variété, du sol et des conditions climatiques, ce qui influence les caractéristiques nutritionnelles des grains (O'quinn *et al.*, 2000). Sur le plan nutritionnel, il est affligé de deux défauts majeurs ; sa teneur en protéines assez faible (en moyenne de 9 à 10%) et la médiocre valeur biologique de ces protéines. Il en résulte que la qualité nutritionnelle du grain de maïs est relativement plus faible que celles de l'avoine (13%) et du blé (12%). Cette faible valeur nutritionnelle a provoqué de sérieuses carences nutritives chez les populations les plus démunies qui avaient adoptées le maïs comme unique nourriture (Consoli, 2000). Toutefois, la création des variétés de maïs hybride a permis d'avoir des variétés à teneur de protéines élevée (Bruns et Abbas, 2005).

1.1.6. Contraintes liées à la production du maïs

Le maïs est une plante très sensible aux conditions écologiques. Son implantation exige donc de raisonner en fonction de la composition, de la structure du sol et des conditions climatiques et des facteurs biotiques (Thibord, 2017).

1.1.6.1. Contraintes abiotiques

Le principal inconvénient du maïs est sa grande sensibilité à la qualité des sols et à la pluviométrie, qui occasionnent des rendements relativement aléatoires et nécessitent un apport important d'engrais sur les terres les plus pauvres, notamment en zone de savane (Rongead, 2020).

1.1.6.1.1. Conditions agro-pédologiques

Le maïs est une plante exigeante qui est très sensible aux variations de la fertilité du sol. Il se développe bien sur les sols riches en matières organiques et ayant de bonnes propriétés physiques. En somme, le maïs préfère les sols profonds, meubles, frais, assez légers, humifères pour éviter le risque de tassement et d'engorgement de longue durée en eau asphyxiant les racines. Cependant le maïs tolère les sols acides à pH compris entre 5,5 et 7. Le maïs a une croissance rapide et mobilise des quantités importantes d'éléments nutritifs en peu de jours. Du stade 10 feuilles jusqu'à la floraison, la plante absorbe 4 kg d'azote, 1 kg de phosphate et 10 kg de potassium par jour/ha. Cependant pour tout le cycle, la plante a besoin entre 190-270 kg/ha d'azote et de potassium et 35-45 kg/ha de phosphore (Pommel *et al.*, 2006).

1.1.6.1.2. Pluviométrie et température

Dans la culture du maïs l'eau est le facteur limitant des rendements dans beaucoup de conditions de production (Karam *et al.*, 2002). La culture du maïs nécessite une pluviométrie supérieure 700 mm ; ces quantités sont fonction du climat et de la durée de cycle de la culture. La période critique se situant entre 15 à 20 jours avant et après la floraison mâle est très exigeante en eau (Cette période critique est d'environ un mois que dure la floraison). Les besoins du maïs sont estimés à environ 5,2 à 5,5 mm /jour jusqu' au 60^e jour (floraison) ; 6mm/jour du 60^e au 90^e jour et moins de 4 mm après le 90^e pour les variétés de 95 à 110 jours (Karam *et al.*, 2002). Ses mécanismes d'accumulation chlorophyllienne lui confèrent de grandes possibilités dans la synthèse de l'amidon, pourvu que l'énergie solaire ne lui soit pas épargnée.

1.1.6.2. Contraintes biotiques

1.1.6.2.1. Ravageurs

Le maïs, comme le riz, la principale céréale cultivée en Côte d'Ivoire est attaquée par des insectes foreurs de tige et d'épi et des termites. Ces ravageurs ont en général comme hôtes

les graminées. Les insectes foreurs de tige et d'épi appartiennent généralement tous à l'ordre des Lépidoptères (Polaszek, 2000). La chenille est le stade nuisible et pénètre suivant les espèces, soit dans l'épi soit dans la tige. Sept espèces ont été répertoriées en Côte d'Ivoire. Deux d'entre elles s'attaquent strictement à l'épi : *Mussidia nigrivenella* (Pyralidae) et *Cryptophlebia leucotreta* (Tortricidae). Les cinq autres espèces sont des foreurs de tige, qui peuvent attaquer secondairement l'épi : *Eldana saccharina* Walker (Pyralidae), *Busseola fusca* (Noctuidae), *Sesamia calamistis* Hampson (Noctuidae), *Sesamia botanophaga* (Noctuidae) et *Chilo aleniellus* (Pyralidae). Trois de ces espèces seulement sont apparues économiquement importantes en Côte d'Ivoire : *Eldana saccharina*, *Busseola fusca* et *Mussidia nigrivenella* (Bosque-Perez et Schulthess, 2000).

E. saccharina attaque généralement le maïs tardivement, à partir de la fin de la floraison femelle. Elle pond au niveau des petits poils que l'on trouve en bordure de la gaine foliaire sur la tige, mais également sur l'épi et parfois dans les débris qui jonchent le sol. Les larves pénètrent directement dans la tige ou dans l'épi. *E. saccharina* a une aire de répartition plus vaste, de très fortes densités sont observées dans le secteur préforestier de la Côte d'Ivoire. Cependant les populations sont très faibles au cours des cycles de semis en mars-avril. Elles s'accroissent ensuite rapidement au cours des cycles suivants et diminuent rapidement durant la saison sèche (Thompson *et al.*, 2022).

B. fusca, en revanche, est une espèce qui dépose ses œufs sur un maïs jeune avant la floraison mâle. La ponte a lieu sous la gaine foliaire, et les chenilles passent une période phyllophage d'une dizaine de jours dans le cornet avant de pénétrer dans la tige. Cet insecte contrairement aux autres foreurs passe la saison sèche en diapause larvaire, généralement à la base des graminées sauvages ou cultivées. La sortie en diapause se situe en mars-avril et l'on constate que la densité de population est très faible sur les premiers cycles de cultures (semis en mars-avril). Les populations s'accroissent ensuite très fortement dans les cultures de fin juin puis décroissent dès les semis de fin juin puis diminuent rapidement dès les semis de juillet, et en septembre quasi nulle (Pene *et al.*, 2016).

M. nigrivenella s'attaque aux fruits de diverses plantes cultivées (cacao, coton, maïs) et que l'on trouve également dans les stocks de diverses graines. En Côte d'Ivoire, on le rencontre très fortement dans le secteur mésophile et dont les populations se raréfient progressivement au fur et à mesure qu'on s'éloigne de cette région. *Mussidia* est le ravageur le plus important des épis de maïs avec des populations excédant parfois dix (10) individus par épi. Les œufs sont déposés, le plus fréquemment à la surface des spathes ou sous leur bordure, plus rarement parmi les soies ou les poils du sommet de la gaine de la feuille situés sous l'épi. Ceux pondus à la surface des spathes sont le plus souvent isolés ou en petite masse ; les pontes déposées sous les bordures des spathes sont, en général, plus importantes pouvant atteindre 100 œufs (Thompson *et al.*, 2022). Chez *M. nigrivenella*, on constate de fortes infestations dès le cycle semé en avril. Les populations sont nombreuses sur les cycles semés en juin-juillet et décroissent rapidement en fin d'année. Ces attaques précoces fortes ne semblent cependant pas la règle générale, et l'évolution des densités d'infestation est assez variable d'une année à une autre pour ce ravageur. La tendance la plus fréquente est cependant du type de celle des foreurs de tiges c'est à dire des populations plus faibles sur les semis du début de l'année (Nandjui *et al.*, 2018).

1.1.6.2.2. Maladies du maïs

Charbon *ustilago zae* (Beckm)

Le charbon est une maladie qui présente des symptômes plutôt spectaculaires chez le maïs, mais qui entraîne rarement des pertes significatives. Il est causé par le champignon *ustilago zae* (Ustilaginaceae) et peut affecter toutes les parties aériennes du plant, principalement l'épi en formation. Il se manifeste par des tumeurs ou boursouflures luisantes facilement reconnaissables. Celles-ci mesurent entre 1 à 10 cm de diamètre. Les jeunes tumeurs qui se forment sur les épis sont de couleur vert clair à argentée en surface. A l'intérieur, les tissus se transforment rapidement en une masse poudreuse noire de spores qui sont libérées lors de la rupture de la paroi des tumeurs. Des conditions climatiques sèches et une température chaude, c'est-à-dire entre 26 à 30°C favorisent largement le développement et de dissémination de la maladie. La plante est vulnérable durant les premiers stades phénologiques de son développement, elle devient cependant moins sensible après la formation de l'épi (Halvorson, 2021)

Rouille : *puccinia sorghi schwein*

Le champignon *Puccinia sorghi* (Pucciniaceae) est l'organisme responsable de la rouille qui affecte les feuilles du maïs. Bien que la rouille se manifeste occasionnellement dès la mi-juillet elle est surtout apparente à la fin de la saison. Des pustules brun-rouille se développent

à la surface des feuilles. Ces pustules sont en forme arrondie ou légèrement allongée et mesurent entre 1 à 3 mm de longueur. Elles percent l'épiderme des feuilles lors de la libération des spores. Les pustules noircissent ensuite au moment de la production des téliospores. Les feuilles gravement atteintes deviennent chlorotiques, brunissent et meurent (Quade *et al.*, 2022). La maladie se transmet des vieilles feuilles vers les nouvelles feuilles, lesquelles infecteront à leur tour le jeune feuillage. Des saisons sèches et humides favorisent les infections en raison des plus longues périodes d'imbibition des feuilles. Les manifestations de la rouille apparaissent surtout en août et septembre. Outre l'aspect esthétique du feuillage atteint, la rouille peut occasionner une baisse de rendement ainsi qu'un retard dans le murissement des épis, parce que les feuilles affectées présentent une diminution importante de la photosynthèse (Halvorson, 2021).

1.1.6.2.3. Parasite du maïs : le striga

L'espèce *Striga hermonthica* (Scrophulariaceae) représente une des contraintes majeures à l'augmentation de la production des céréales en zone de savane humide de la Côte d'Ivoire. Les cultures les plus affectées par le parasite comprennent le sorgho, le mil et le maïs avec des pertes de revenus très importantes par an en Afrique. De toutes les céréales, le maïs s'avère particulièrement sensible aux diverses espèces de striga ayant évolué parallèlement aux céréales dans les savanes en Afrique. Les infestations des champs de maïs par le parasite peuvent provoquer des pertes de rendement de 20 à 80 % (Yonli *et al.*, 2022). Pour se développer, l'herbe parasite se fixe sur les racines de la plante hôte au moyen d'une radicule. Une fois fixé au réseau racinaire de son hôte, le striga développe une sorte de suçoir appelé haustorium qui prélève l'eau et les substances nécessaires à sa croissance. Il se développe en affaiblissant la plante hôte, qui flétrit et se dessèche. La diminution des quantités de pluies, la réduction des jachères et la culture de terre de plus en plus pauvres favorisent l'extension de striga. Il a été estimé qu'environ 73 millions d'hectares dévolus à la production céréalières en Afrique étaient affectés par les infestations des espèces de striga (Akanvou, 2006). Ainsi, l'infestation des parcelles par les espèces de striga est devenue non seulement une contrainte biologique à la production céréalière en Afrique sub-saharienne, mais aussi un problème socio-économique pour les agriculteurs à faibles revenus qui sont obligés d'abandonner leurs champs infestés. En Côte d'Ivoire, les espèces *Striga hermonthica* et *Striga asiatica* sont parmi la trentaine d'espèces annuelles recensées, les plus redoutables pour le maïs. *Striga hermonthica* et *Striga aspera* sont rencontrés dans le nord, en zone de savane guinéenne et dans le centre du pays, sur le maïs, le mil, le sorgho et le riz (Sawadogo *et al.*, 2023).

1.1.7. Techniques culturales du maïs

1.1.7.1. Choix du terrain

Le choix doit se faire en tenant compte des exigences du maïs. Il est judicieux de préférer les sols profonds à texture intermédiaire sablonneux, sablo-argileux ou argilo-sableux tout en évitant les sols à texture extrême, c'est à dire trop argileux ou trop sableux et pauvres en matière organique.

1.1.7.2. Préparation du sol

Le type de travail du sol réalisé dépend du type d'outils disponibles. En culture attelée (surtout au nord), par exemple les « araras et les arcromas » sont les équipements de base sur lesquels sont adaptés la charrue et la herse. Aussi le labour peut être réalisé soit à la daba (en culture paysanne), soit à l'aide d'outils à dents de type chisel ou canadien ou à l'aide de charrue à disques ou à socs (en culture attelée ou mécanisée dans le bassin cotonnier), soit à l'aide de tracteurs dans la région de Boundiali, le labour en maïsiculture qu'il soit manuel, attelé ou mécanisé doit être profond (15 à 30 cm) tout en enlevant toutes les mauvaises herbes et écrasant complètement les mottes de terre (Akanvou *et al.*, 2006).

1.1.7.3. Semis

Les semis peuvent se faire en ligne sur billons ou à plat, à 3-4 cm de profondeur en raison de 2 à 4 grains par poquets. Pour ce faire la quantité de semence nécessaire est de 20 à 25 kg par hectare.

Le démariage doit être fait assez tôt (stade de 2 à 4 feuilles et dans un sol humide afin de sélectionner les plants robustes et éliminer les plants chétifs. La densité admise pour les variétés précoces est de 66 000 plants/ha et celle des variétés tardives est de 53 000 plants/ha. Ils sont réalisés en zone de savane : en mi-juin à mi-juillet ; en zone intermédiaire : en avril-mai et en zone de forêt : mars-avril pour le premier cycle et fin août à début septembre pour le 2ème cycle (Nuama, 2006).

1.1.7.4. Entretien de la parcelle

1.1.7.4.1. Désherbage

Le maître mot en matière de désherbage est la rotation des cultures. Il faut avant toute chose bien définir l'assolement au sein de l'exploitation. Cette technique simple est la base de l'agronomie. Pour le désherbage deux stratégies peuvent être envisagées : le désherbage

mécanique et le désherbage chimique. Le désherbage mécanique peut se réaliser à l'aide de dabas, de houes, et de herse étrille ou de houe rotative ; deux à trois sarclages sont nécessaires. Le premier sarclage devra être réalisé avant ou pendant le démariage. Le second au moment de l'apport de l'urée. Le troisième avant la récolte si la parcelle est très enherbée. Pour le désherbage chimique deux possibilités sont adaptées à nos systèmes : soit en un seul traitement « tout en prélevée » en utilisant un herbicide de prélevée : Primagram Gold 660SC (S-métolachlore 290g/l+ atrazine 370g/l) à raison de 3l/ha ; soit un traitement en prélevée avec Primagram et un traitement en post-levée avec Roundup 360 (Glyphosate 360) à raison de 1l/ha pendant le développement des plantes en prenant soin de préserver le système foliaire de la culture contre ce produit qui est un désherbant total (La Hovary, 2001).

1.1.7.4.2. Fertilisation

L'apport d'engrais est indispensable pour obtenir un bon rendement et éviter l'épuisement du sol. Pour les sols pauvres, 200 à 250 Kg/ha d'engrais NPKSMg 15-15-15-6-1 devront être apportés pendant la préparation du sol. Aussi, 30 à 35 jours, pour les variétés précoces et 40 à 45 jours pour les variétés tardives, il faudra apporter de l'urée en raison de 100 à 150 kg/ha. La fertilisation peut se faire aussi par apport de fumiers (bouse de mouton, fiente de poulet, bouse de bœuf etc.) ou de compost ou de lisiers au moment du labour à raison de 30 à 40 T/ha (Akanza *et al.*, 2017)

1.1.7.5. Protection phytosanitaire

Les maladies telles que l'helminthosporiose, l'anthracnose et la rouille existent. Elles ne constituent pas un facteur limitant pour la production du maïs, même si le streak, par exemple, connaît une expansion rapide. Les foreurs et les termites causent beaucoup de dégâts au champ en provoquant la verse. Des produits sont disponibles (Furadan, Décis). Leur utilisation est limitée à certains paysans qui ont des moyens. Les ennemis des grains sont également nombreux ; la poudre Actellic, notamment, et le Thioral sont souvent utilisés pour le traitement des semences (Héritier *et al.*, 2023)

1.1.7.6. Récolte

Le maïs est la première céréale récoltée par les paysans. La récolte débute en octobre et s'étend jusqu'au début de novembre, période qui coïncide avec celle du coton. On laisse les épis sécher suffisamment sur les plantes ; ensuite, la récolte se fait manuellement, de même que le

déspathage. L'égrenage aussi est manuel, mais des mini-projets conduits par le CNAD (Comité national d'alimentation et de développement) expérimentent actuellement des égreneuses mécaniques. Le rendement moyen national en maïs est inférieur à la tonne. Chez les paysans, le maïs est stocké essentiellement en épis, déspathés ou non, dans les greniers. Il peut aussi être suspendu à une branche d'arbre ou entreposé sur une claie sous laquelle il y a du feu. (Deffan *et al.*, 2015)

1.1.8. Densité de semis et rendement des cultures de maïs

Outre les conditions locales et de semis, une culture de maïs réussie dépend de sa densité de semi. Cette donnée dépend de la disponibilité de l'eau et de la variété choisie. Si les conditions environnementales et édaphiques correspondent parfaitement, le potentiel de rendement génétique de la variété de maïs peut être alors exploité et mieux exprimé. Dans ce chapitre nous étalons les résultats de quelques auteurs sur les effets de la densité de semi relatifs à la culture du maïs. Les travaux de certains auteurs comme Useni *et al.*, (2014) sur les effets de la densité de semis en maïsiculture ont indiqué l'existence d'une différence non significative pour les paramètres végétatifs et phytosanitaires du maïs. Cependant des différences significatives ont été obtenues pour les paramètres de rendement. En dépit de différence non significative décelée, les résultats indiquent tout de même que la taille de plante était la plus élevée sur les parcelles à forte densité de semis. Par ailleurs ceux de Abuzar *et al.*, (2011) ont montré que l'indice de la surface foliaire (LAI), influencé par le génotype, la densité de peuplement, le climat et la fertilité du sol, augmente à forte densité. Les études antérieures de Saberali (2007) ont montré une augmentation de LAI et de la biomasse sous une forte densité de semis. Hassan (2000) a montré que la taille des plants de maïs augmente consécutivement à la densité de semis, de 47600 à 71400 plants/ha. Muoneke *et al.*, (2007) ont indiqué que la densité de semis affecte moins le cycle végétatif du maïs. D'autres études ont montré ainsi que la densité de plantation est un facteur clé pour l'atteinte d'un rendement élevé (Akbar *et al.*, 2002 ; Mojtaba *et al.*, 2012). Des résultats similaires ont été obtenus par Maradapour *et al.*, (2013) dans une étude orientée vers l'évaluation des effets de la date et de la densité de semis sur le rendement du riz en Iran. Pour ces auteurs, l'augmentation de rendement du riz est associée à celle de la densité de semis et le rendement le plus élevé (6403 kg/ ha) a été obtenu à la forte densité de 68 plants/m².

1.2. Matière organique

Les apports de matière organique permettent de maintenir ou de reconstituer la réserve en matière organique du sol (Segda *et al.*, 2014). Ainsi les fertilisants organiques et minéraux sont une excellente source de nutriments apportant des macronutriments essentiels à la croissance des plantes (Garba et Oyinlola, 2014). En effet, des études menées sur la fertilisation des sols et l'importance de la matière organique ont montré que les éléments minéraux sont présents dans le sol et de leur bon entretien dépendra de leur disponibilité pour la plante (Hubert et Schaub, 2011).

1.2.1. Rôle de la matière organique dans le sol

La fertilité d'un sol ne se limite pas à sa consistance en tant que support de culture et à sa teneur en éléments minéraux, mais à un ensemble de pratiques agricoles dépendant du milieu et des choix de l'agriculteur. Pour entretenir la performance de ce milieu, qui est la principale source de production des cultures, il est essentiel d'alimenter l'ensemble des constituants physiques, biologiques et chimiques (Jeschke *et al.*, 2021). Ainsi la matière organique et les fertilisants joueraient un rôle très important dans l'amélioration de la production agricole et compenseraient le manque de nutriments dans le sol.

Le stock de carbone présent dans les sols naturels, présente un équilibre dynamique entre les apports de débris végétaux et la perte due à la décomposition. Dans les conditions normales d'aérobiose des sols, la majorité du carbone apporté est labile et seulement une petite fraction (1%) de ce qui entre dans le sol s'accumule dans la fraction stable qui est la fraction humique (FAO, 2002). La matière organique du sol a une composition très complexe et hétérogène et le plus souvent mélangée ou associée aux constituants du sol. La matière organique dans le sol représente l'indicateur principal de la qualité des sols. Cela à la fois pour les fonctions nutritives et pour les fonctions environnementales parmi lesquelles la séquestration du carbone et la qualité de l'air (Jamar *et al.*, 2009). Elle est le principal déterminant de l'activité biologique. La quantité, la diversité et l'activité de la faune et des microorganismes sont en relation directe avec sa présence (FAO, 2002). La matière organique et l'activité biologique qui en découlent ont une influence majeure sur les propriétés physiques et chimiques des sols. L'agrégation et la stabilité de la structure du sol augmente avec le contenu en carbone des sols (Razafimbelo, 2005). Les conséquences sont directes sur la dynamique de l'eau et de la résistance à l'érosion par l'eau et le vent. Le carbone des sols affecte aussi la biodisponibilité des principaux éléments nutritifs (Vargas, 2010). Les principales méthodes développées pour favoriser l'augmentation de la matière organique du sol sont réalisées

actuellement par l'agriculture de conservation impliquant un labour minimal ou un non-labour et une couverture protectrice continue faite de matériel végétal vivant ou mort sur la surface du sol (Razafimbelo, 2005)

1.2.2. Fertilisants

La fertilisation est un ensemble de pratiques culturales coordonnées ayant pour objectif d'assurer aux plantes cultivées une alimentation correcte en éléments nutritifs par des apports en matières fertilisantes (Sangaré 2008). Si l'on veut obtenir des rendements élevés, il est impératif d'apporter des éléments fertilisants. Cependant il est bien de savoir quand, sous quelle forme et quelle quantité d'éléments fertilisants qu'il faut (Soltner, 2003). Les substances fertilisantes, une fois incorporées dans le sol, améliorent ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Deux types de fertilisants sont à distinguer, les fertilisants minéraux et les fertilisants organiques (Soltner, 2003).

1.2.2.1. Fertilisation minérale et production des plantes cultivées

Des effets bénéfiques de la fertilisation minérale au moyen de l'agriculture ont été prouvés par de nombreuses études (Bationo *et al.*, 2004 ; Coulibaly *et al.*, 2017). L'avantage des engrais chimiques en plus d'optimiser le rendement des cultures améliorent aussi les résidus de culture (biomasse) qui sont utilisés comme engrais organiques par la culture suivante (Bationo *et al.*, 2004). Pypers *et al.*, (2010) ont montré que les engrais chimiques augmentent de 40 à 100 % le rendement des cultures dans les sols. Par ailleurs ces résultats ont été conformes à ceux Nyembo *et al.*, (2012) car il y a augmentation de rendement de plus de 100 % dans les différents traitements à engrais minéraux. 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 et Akinlosotu, 2004). En Côte d'Ivoire, les études de Diby *et al.*, (2006) sur l'igname, menées en zone de savane et de forêt ont montré que les deux variétés (*Dioscorea alata* et *Dioscorea cayenensis-rotundata*), par l'apport de fumure minérale a augmenté de façon significative en tubercules frais seulement chez *D. alata* sur le site de savane.

1.2.2.2. Fertilisation organique et production des plantes cultivées

Les fertilisants organiques améliorent la fertilité du sol en agissant sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol (Kowaljow et Mazzarino, 2007). L'utilisation des fumures organiques a contribué à l'augmentation des rendements de nombreuses plantes. En outre cette fumure se révèle plus souvent plus efficace que la fertilisation minérale (Soltner

,2003). Au Burkina Faso, des études menées par Zougmore *et al.*, (2003) ont montré que l'application du fumier a permis d'obtenir des rendements de 900 à 1600 kg /ha de sorgho soit 20 à 39 fois le rendement obtenu sans aucun amendement. En Côte d'Ivoire, sur un sol de type ferrallitique, la fumure de bovin a donné un rendement de 61 t/ha de tubercules de manioc contre 40 t/ha pour le témoin, 15 mois après plantation (Bakayoko *et al.*, 2007). Ouédraogo *et al.*, (2001) ont obtenu, au Burkina Faso, sur des alfisols, des rendements de mil élevés avec le compost par rapport au témoin. Par contre, une chute de rendement de maïs a été observée par Awono *et al.*, (2002) sur le sol ferrugineux lessivé, au Cameroun, après application de 8 t/ha de fumures organiques. Les amendements 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 de modalités de stockage des déchets (Aneeza, 2009). Les déjections animales couramment utilisées pour la fertilisation sont les déchets de porc, les fientes de poulet et de la bouse de bovin. Par ailleurs, pour éviter les phénomènes d'effets dépressifs, les fertilisants organiques sont de plus en plus associés à la fumure minérale. Les céréales également se prêtent à la fumure organo-minérale.

1.2.2.3. Fertilisation organo-minérale sur la production des cultures

L'apport des engrais minéraux ou organiques peuvent parfois être sans succès pour l'amélioration du rendement des cultures. Dans ce cas de figure, l'apport simultané des deux types d'engrais est nécessaire. Ainsi, les travaux de Ojeniyi *et al.*, (2012) ont montré une augmentation de la production du manioc de 133 % (21 t/ha) lorsqu'on apporte au sol 2,5 t/ha de fumier de poulet et 0,045 t/ha d'engrais minéral (NPK). De même, Eifediyi et Remison (2010) ont montré l'accroissement de la production de *Cucumis sativus* (L.) (Cucurbitaceae) de 166,42 % avec 10 t/ha de fumier de porc et 0,4 t/ha d'engrais minéral comparativement au témoin. Ces résultats s'expliqueraient par une synergie entre les deux types d'engrais utilisés sur les parcelles expérimentales. Ognalaga *et al.*, (2017) ont constaté, six mois après plantation, les traitements associant Bouse de Vache + Urée et celui constitué de Bouse de Vache + NPK ont induit une augmentation de la croissance végétative et du rendement de l'ordre respectivement de 55% et 86 % par rapport au témoin chez le manioc. Une étude similaire combinant des engrais organiques et minéraux (NPK 15-15- 15 et urée) réalisée par Tchaniley *et al.*, (2020), dans le sud du Togo a permis d'améliorer le rendement de la laitue qui a dépassé le témoin de 134%.

1.3. Présentation de la zone d'étude

Le développement agricole d'une région nécessite un environnement adéquat aux différentes cultures pratiquées (Kouassi, 2012). Le centre et le centre-nord de la Côte d'Ivoire, précisément la région de Bouaké et de Katiola, ont été choisies comme zone d'étude car elles sont d'importantes zones de production de déchets organiques urbains (bouse de mouton et détritrus de sorgho) à l'instar des grandes agglomérations (Annexe1). De ce fait, ces régions constituent des zones cibles intéressantes pour le transfert de technologies innovantes mises au point. L'objectif de ce chapitre est de montrer que l'environnement physique et l'environnement social de ces régions sont appropriés à une innovation agricole et que cette innovation contribuera au bien-être des populations disposant de faibles moyens et à la préservation de leur environnement. Ainsi, les différents éléments qui caractérisent ces régions seront décrits dans ce chapitre.

1.3.1. Site de Katiola

1.3.1.1. Présentation géographique et administrative

Le département de Katiola fait partie de la région administrative dite « région du Hamboll », située au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire. Il est limité par les départements de Bouaké et de Béoumi au Sud, de Ferkessédougou au Nord, de Korhogo au Nord-Ouest, de Mankono à l'Ouest et de Dabakala à l'Est (Figure 2). Il couvre une superficie totale de 9 452 km². Le département est compris entre les longitudes 5° et 6° ouest et les latitudes 8° et 9° nord, ce qui correspond à la zone UTM 30 Nord. Le département est situé à environ 400 kilomètres d'Abidjan (capitale économique de la Côte d'Ivoire) et à 140 kilomètres de Yamoussoukro.

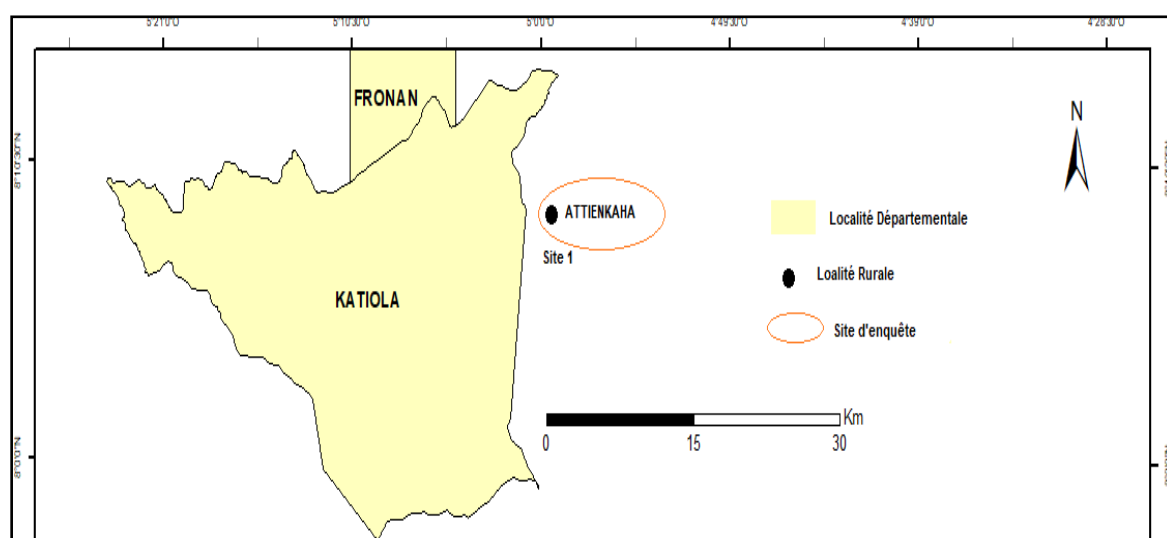


Figure 2 : Carte de la zone d'étude (Katiola)

Source :CIGN

1.3.1.2. Milieux naturels

1.3.1.2.1. Climat

La majeure partie du département de Katiola est soumise au climat soudanais, régime tropical de transition entre les zones semiarides sub-sahariennes et les zones tropicales humides du golfe de Guinée, avec un maximum de pluie en juillet, août et septembre et une période de sécheresse en décembre, janvier et février. Le climat est réglé par le déplacement du Front Intertropical (FIT). Les précipitations annuelles sont presque les mêmes pour l'ensemble du département, avec une moyenne annuelle de 800mm de pluies et une moyenne mensuelle de 120 mm pour les mois de juin à septembre (Figure 3). Cependant, on relève qu'un phénomène cyclique, environ tous les cinq ans, fait varier cette moyenne annuelle entre 800 mm et 900 mm de pluies. La température moyenne annuelle est de 28°C. La saison sèche de novembre à février est dominée par l'harmattan, vent sec et frais qui souffle des zones sahéliennes du nord vers le sud. Il se caractérise par de basses températures la nuit (Kouakou *et al.*, 2010).

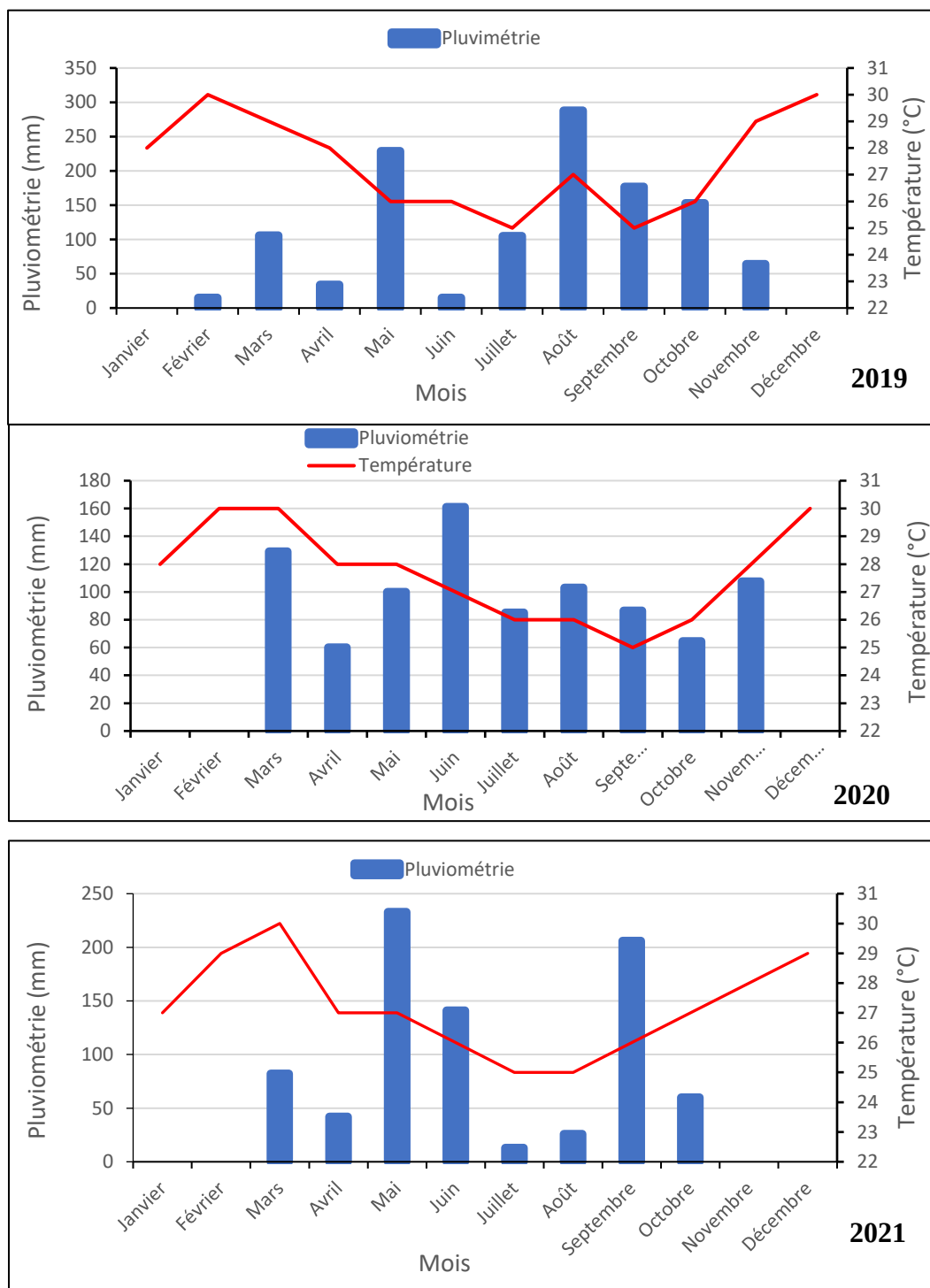


Figure 3: Diagramme ombrothermique de Katiola pour les années 2019, 2020 et 2021

(Source : SODEXAM et www.tutiempo.net)

1.3.1.2.2. Végétation

La végétation de cette région appartient à la partie méridionale du domaine soudanais. Il s'agit plus précisément du domaine subsoudanais, secteur soumis au climat tropical subhumide et dont la forêt caractéristique est la forêt claire. Cette forêt a été dégradée par l'action de l'homme qui la brûle pour y cultiver la terre. Elle ne subsiste plus qu'à proximité des villages ou dans les parcs. La dégradation de cette forêt crée la savane qui prend le nom de savane boisée, arborée, arbustive ou herbeuse en fonction de son couvert végétal. A côté de cette forêt claire et de la savane qui en résulte, existent des îlots forestiers sur les plateaux et des forêts galeries qui bordent les vallées et sont directement liées aux cours d'eau. Les principaux îlots forestiers inclus en savane sont localisés sur le complexe volcano-sédimentaire composé principalement de schistes et de roches basiques : c'est le cas des îlots de Marabadiassa. On retrouve la forêt peu dégradée de part et d'autre du Bandama et surtout dans la partie ouest des zones à faible population entre les sous-préfectures de Tortiya et Tiéningsboué (Douffi, 2020).

1.3.1.2.3. Hydrologie

Le département est parcouru par les affluents de deux fleuves qui constituent eux-mêmes les limites naturelles territoriales du département. Il s'agit des fleuves N'Zi à l'Est et Bandama à l'Ouest. Le département de Katiola est largement drainé par le Bandama et ses affluents. Le Bandama coule du Nord au Sud. La plus grande partie de la zone est drainée par le Bandama et ses affluents (Bou, Naranou, Nabion). A l'Est, une grande partie de la bande de schistes et grauweekes ainsi que la région de la sous-préfecture de Timbé sont tributaires du N'Zi, par l'intermédiaire de ses affluents (Loho, Kiohan). Le cours du Bandama est étroitement lié à la géologie. Le Bou est pérenne, de direction ONO-ESE, et présente la même particularité, avec un seuil situé à vingt kilomètres du confluent (Kouakou *et al.*, 2010). Le Naranou est plus au Sud, de même direction que le Bou, mais intermittent. En provenance du Nord-Est, la rivière Nabion se jette dans le Bandama, une trentaine de kilomètres en amont de Marabadiassa. Cette rivière est pérenne. Le régime hydrologique est du type équatorial de transition atténué (Kouakou *et al.*, 2010). Le régime des cours d'eau reflète le régime des précipitations. Ce régime se traduit par une crue unique en août, septembre et octobre suivie d'un tarissement rapide en novembre, 28 décembre puis une longue période de basses eaux de janvier à mai. Le tarissement des différents cours d'eau est court avec une durée moyenne de 50 à 60 jours (2 mois). La décrue est rapide autour d'une dizaine de jours (Coulibaly, 2009).

1.3.1.3. Milieu humain

Les villages ont une population faible mais stable. Au dernier recensement officiel de la population, effectué en 2021, le département comptait 162472 habitants, soit une densité de population d'environ 18 habitants au km² habitants (RGPH, 2021). Il faut noter que, par manque d'activités économiques suffisamment rémunératrices, phénomène accentué par la crise de 2000 à 2004, le département subit un important flux migratoire. Cela se manifeste par l'exode des jeunes vers les chefs-lieux de sous-préfecture et vers les régions sud de la Côte d'Ivoire. Depuis 2000 la découverte de nouveaux sites aurifères a créé un nouveau flux migratoire des populations rurales vers ces sites d'orpaillage. La population est composée d'autochtones qui sont les Tagbana et les Mangoro. A côté de cette population, vivent en parfaite harmonie d'autres ressortissants majoritairement de la sous-région ouest africaine. Le « sexe ratio » entre hommes et femmes est équilibré, mais avec un léger avantage aux hommes (à peine 4%). Les populations urbaines des sous-préfectures de Katiola sont plus élevées que celles vivant en zones rurales. La disproportion des deux populations s'explique par le fait que dans le chef-lieu de département toutes les infrastructures publiques y sont concentrées : Administration, Etablissements d'Enseignement Secondaire, Formations de Santé Secondaire et Tertiaire, etc. Les cultures traditionnelles sont l'arachide, le maïs, l'igname, le manioc, le mil, le sorgho et, plus au Nord, les agrumes. L'activité socio-économique, hormis dans les chefs-lieux de sous-préfecture, est essentiellement rurale et basée sur des cultures pluviales (absence d'irrigation) (Kouassi *et al.*, 2018).

1.3.2. Site de Bouaké

1.3.2.1. Présentation géographique et administrative

Bouaké, chef-lieu de la région du Gbêkê, au centre de la Côte d'Ivoire, se situe à 7°41' de latitude nord et 5°02' de longitude ouest sur le grand axe routier joignant Abidjan au nord. C'est un espace de transition naturelle entre la région forestière guinéenne du sud et les savanes soudaniennes du nord. Le relief peu accidenté présentant une allure générale amollie de terrain ancien. Située à environ 350 km au Nord de la ville d'Abidjan sur la voie bitumée qui relie la capitale économique de la Côte d'Ivoire à Ferkessédougou. Ce chef-lieu de Département, est la plus importante ville de la région du Centre. Il est limité à l'Est par le département de M'Bahiakro, au Sud par les départements de Tiébissou et Didiévi, à l'Ouest par les départements de Sakassou et de Béoumi et au Nord par celui de Katiola (Figure 4) Oura, (2020)

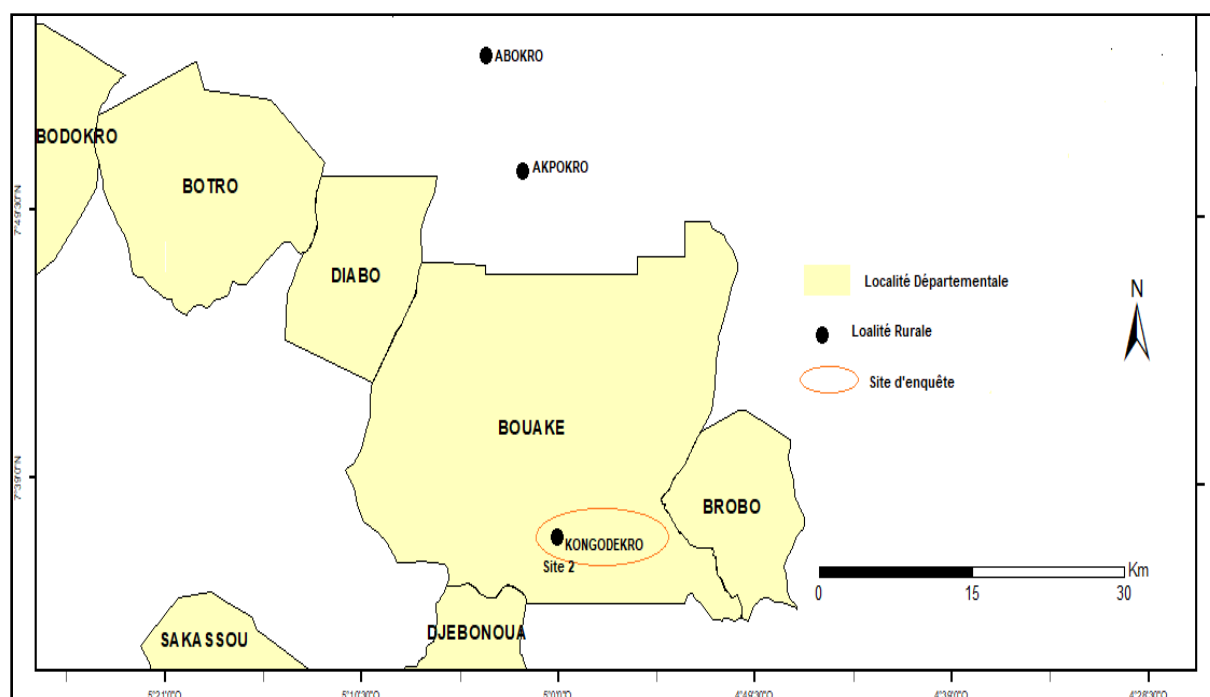


Figure 4 : Carte de la zone d'étude (Bouaké)

Source : CIGN

1.3.2.2. Milieu naturel

1.3.2.2.1 climat et hydrographie

Le climat de la région est de type baouléen à deux grandes saisons. Une grande saison sèche allant de novembre en mars, relativement rigoureuse et caractérisée par l'harmattan (vent sec et frais qui souffle de décembre en février). Une grande saison pluvieuse se situant entre avril et octobre. La baisse des précipitations en juillet et août donne à cette saison pluvieuse un caractère bimodal. Globalement, la hauteur moyenne annuelle des pluies varie entre 900 et 1200 mm (Ye, 2021), avec une température moyenne annuelle 26.2 °C (Figure 5). La répartition des pluies est très variable d'une année à l'autre tant du point de vue des dates de début que de fin de la saison pluvieuse. L'extrême variabilité de la pluviosité rend difficile la caractérisation des saisons de la région. La saison sèche est favorable aux cultures maraîchères lorsque l'on dispose de suffisamment d'eau d'irrigation : les attaques des maladies fongiques sont limitées durant cette période. La région présente en outre un important réseau hydrographique avec de nombreuses rivières (le Kan, le M'bé, la Loka, le Segbono, le Niaco, le Béré et le Kohoué). Trois principaux cours d'eaux existent dans la région : le Bandama blanc, la Comoé, le N'zi (Dembélé, 2000).

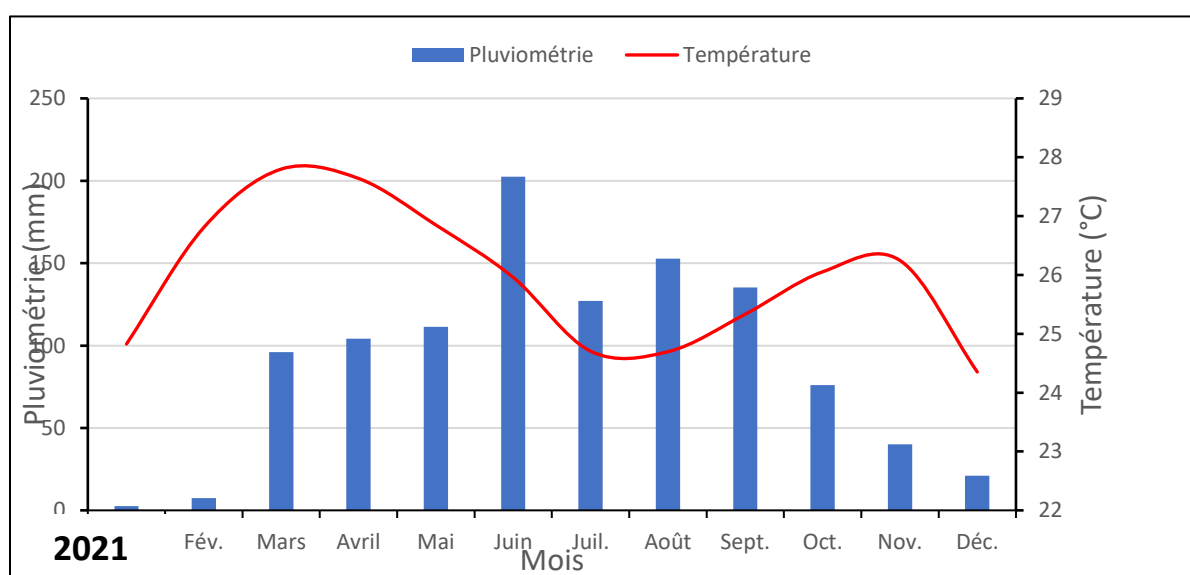
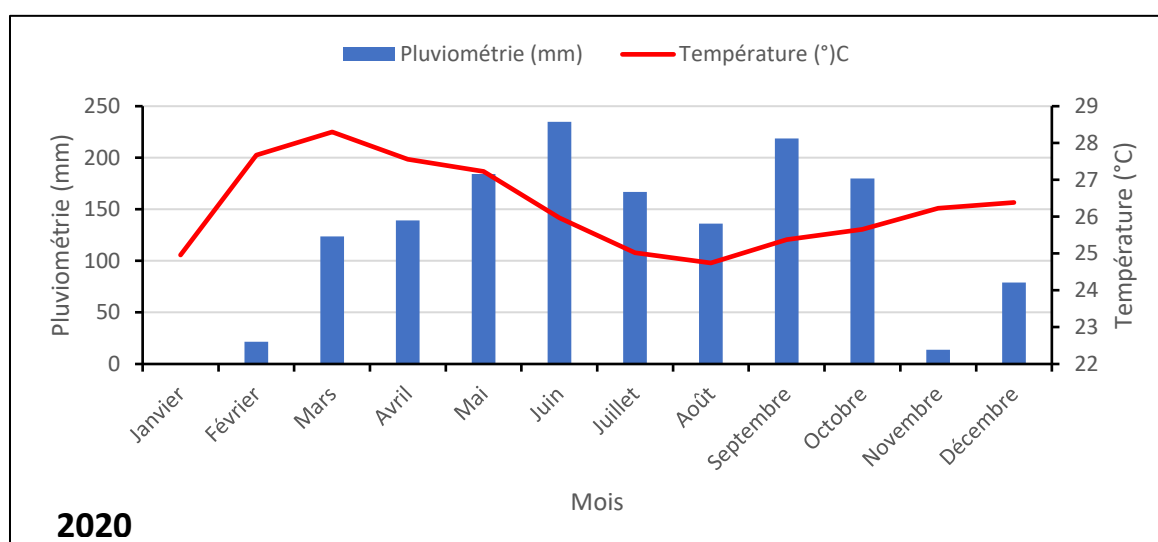
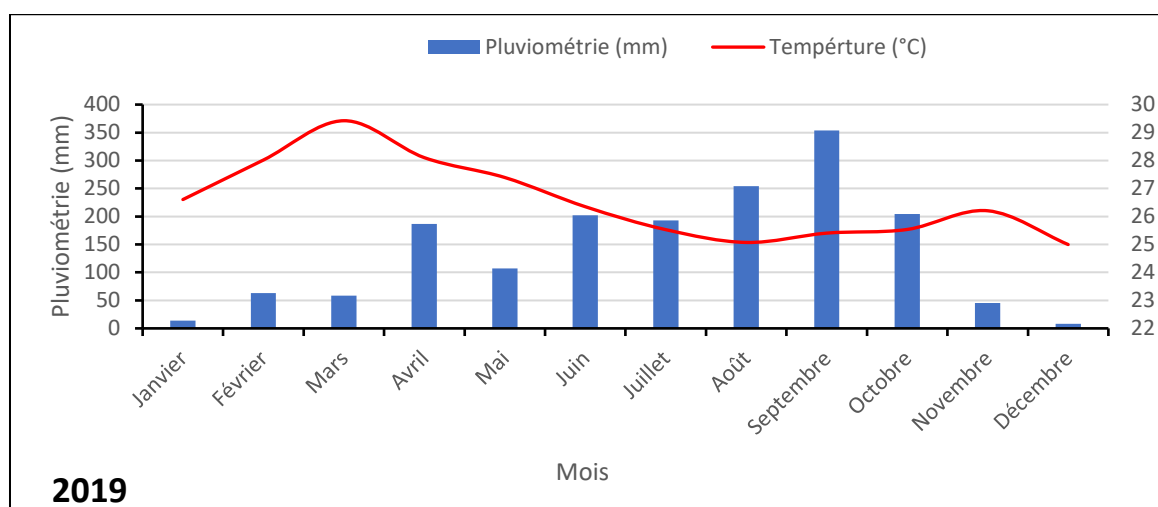


Figure 5: Diagramme ombrothermique de Bouaké pour les années 2019, 2020 et 2021

(Source : Station Géophysique de M'bé)

1.3.2.2.2. Végétation et Sol

Les sols de la région de Bouaké sont généralement peu profonds et légers. Ils correspondent à un môle cristallin dépassant 280 m d'altitude surmonté de collines. Cette zone est dominée par le granite qui est altéré en argiles et en arènes. On y rencontre des sols ferrugineux tropicaux des savanes et des sols latéritiques des forêts. La plupart de ces sols présente une fertilité modeste, très sensible à l'érosion. Ces sols très sableux à texture sablo-limoneuse, légèrement acides sont pauvres en argile, en matière organique, en azote et en phosphore (Soro *et al.*, 2011). La végétation de la région de Bouaké est caractérisée par : une savane sub-soudanaise au nord, où on rencontre des îlots de forêt dense sèche ; une zone pré-forestière dans la partie sud, dominée par la savane plus ou moins boisée avec des îlots de forêt dense humide et dense sèche. Des galeries forestières existent également le long des cours d'eau (Dugué *et al.*, 2001).

1.3.2.3. Milieu humain

1.3.2.3.1. Population

La région est avant tout un pays Baoulé composé de tribus divisées en *akpassoua*. Cependant on rencontre des communautés non négligeables et dispersées de Dioula, Djimini et Burkinabé. Ces populations constituent la main d'œuvre agricole rémunérée par les paysans Baoulé pour les travaux de défrichement et de buttage. La population de la ville de Bouaké est estimée à 832371 habitants (RGPH, 2021). La densité de la population rurale s'élève à 25 habitants/km² tandis que celle de la population totale est relativement élevée (68 habitants/km²) du fait de la présence de la ville de Bouaké. Le taux de croissance annuelle de la population rurale de la région Bouaké est de 2% et donc inférieur au taux de croissance de l'ensemble de la Côte d'Ivoire (3%). Dans la région de Bouaké, la terre est facilement disponible du fait des faibles surfaces cultivées par exploitation. Cependant à la proximité de la ville de Bouaké, les ressources en terre de qualité se raréfient (Dugué *et al.*, 2001).

1.3.2.3.2. Activités économiques

L'agriculture constitue l'une des principales activités dans la région de Bouaké où l'igname reste la culture dominante. L'importance de l'igname entraîne la mise sur le marché des surplus non autoconsommés. Le maïs, l'arachide est surtout le manioc ne jouent qu'un rôle d'appoint dans l'alimentation en milieu rural mais leur place dans la constitution du revenu des exploitations est en progression (Kouamé *et al.*, 2017). Le maraîchage est aussi devenu depuis une dizaine d'année un secteur de production dynamique orienté presque exclusivement vers la

vente. A l'inverse du manioc et du maïs, le maraîchage présente un caractère intensif. Les paysans utilisent des semences sélectionnées, des produits phytosanitaires et souvent des engrais. Mais les techniques de production restent médiocres et les rendements très irréguliers. Les maraîchers se sont spécialisés dans les légumes « européens » (tomate, haricot vert, courgette) qui valorisent le mieux les moyens de production (terre, travail) et ne rentrent pas en concurrence avec les légumes traditionnels (gombo, piment, aubergine locale...) cultivés par les femmes en association avec l'igname et seulement en saison des pluies. L'élevage dans la région de Bouaké (Dugué *et al.*, 2001) se résume à la possession de quelques caprins et volailles et plus rarement des ovins. Une bonne partie des exploitations ne possède aucun animal. La conduite de ces animaux a peu évolué depuis des décennies. Les cabris sont laissés en divagation et exploitent un espace sans culture réservé à l'élevage à la périphérie du village. Pour les paysans Baoulé et principalement les jeunes exploitants, le développement de l'élevage nécessite des moyens importants pour l'acquisition du cheptel de base (truie, volaille sélectionnée, bovin de race améliorée) et la construction de bâtiments d'élevage. Ce type d'élevage qualifié de "moderne" se rencontre de plus en plus en périphérie de Bouaké (poulet, poule pondeuse plus rarement porcs et production laitière). En plus de l'agriculture et de l'élevage, les ruraux tirent quelques profits de l'artisanat (tissage Baoulé) et surtout de l'exploitation des ressources naturelles comme le bois de feu, la fabrication de charbon de bois, le petit gibier et la fabrication du vin de palme. La dégradation de ces ressources naturelles liée principalement à une surexploitation et aux feux de brousse amenuise leurs sources de revenu. Ainsi les productions végétales et en particulier le maraîchage, la culture de l'igname et du manioc et plus récemment l'anacardier constituent les secteurs clés de l'économie agricole régionale (Valentin, 2018).

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation des sites expérimentaux

Les travaux ont été conduits dans les départements de Bouaké et de Katiola sur trois années (2019-2020-2021) pendant la grande saison pluvieuse (mars à juillet) et la petite saison pluvieuse (septembre à novembre).

2.1.1. Site de Katiola

Un champ expérimental a été mis en place dans le département de Katiola, situé dans la région du Hambol au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire. Il est situé entre 8°10' de latitude Nord et 5°4' de longitude Ouest et occupe une superficie de 9 420 km² (Kouakou *et al.*, 2010). La pluviométrie annuelle oscille entre 1100 mm et 1200 mm. Les températures moyennes enregistrées dans cette zone varient entre 26,45 et 33,67 °C. Les sols sont de types ferralitiques dominés par des sols à texture argilo-sableuse et gravillonnaire (Soro *et al.*, 2011). La végétation est celle des savanes pré-forestières.

2.1.2. Site de Bouaké

Un autre champ expérimental a été mis en place à Kongonekro, situé à 10 km dans le département de Bouaké. Bouaké, chef-lieu de la région du Gbêkê, au centre de la Côte d'Ivoire, se situe à 7°41' de latitude nord et 5°02' de longitude ouest sur le grand axe routier joignant Abidjan au nord. Les sols de type ferrugineux (favorables au cuirassement) présentent une fertilité modeste, très sensible à l'érosion. Une pluviométrie moyenne de 1373 mm avec des précipitations très irrégulières a été obtenue avec une température annuelle de 26,2°C.

2.2. Matériel

Ce chapitre passe en revue les différents matériels qui ont permis à la réalisation des différentes expérimentations.

2.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué deux variétés de maïs. La variété F8128 (Figure 6 a) est une variété améliorée, avec un cycle long (120 jours) provient du centre National de recherche agronomique de Bouaké (CNRA). La seconde est une variété locale de cycle intermédiaire (110 jours), le violet de Katiola (Figure 6 b) issue des plantations des paysans. Ces deux variétés ont un rendement potentiel de 5 t/h et en milieu paysan un rendement de 2 t/ha. Elles ont été choisies sur la base de leurs qualités organoleptiques, agronomiques et leur disponibilité dans les structures de vulgarisation de semences.



Figure 6 : Deux variétés de maïs.

a : grains de la variété violet de Katiola. b : grains de la variété F8128

2.2.2. Fertilisants

La bouse de mouton, le détritrus de sorgho et le NPK15-15-15 ont été utilisés au cours de ces trois (3) années d'étude (figure 7). Ces fertilisants organiques ont stockés dans des sacs sur un période de six (6) mois avant d'être utilisés sous forme de fumure de couverture. Ce sont des matières fertilisantes, surtout le détritrus de sorgho qui n'a encore pas été testée pour la restauration des terres dégradées en Côte d'ivoire. Les choix ont été guidés par des critères tels que leur fréquence dans les zones d'étude, leur disponibilité (quantité de bouse de mouton et détritrus de sorgho produits par an (Annexe 1), leur facilité d'usage et leur qualité biochimique différente (Diallo *et al.*, 2017).

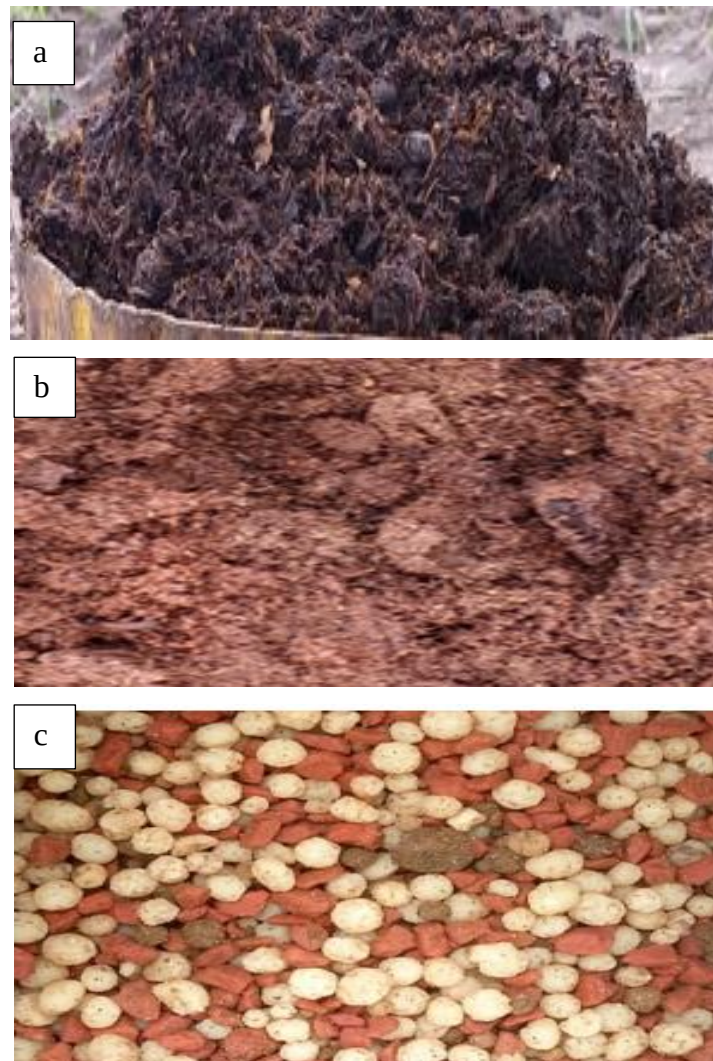


Figure 7 : Fertilisants organiques et minéral.

a :Bouse de mouton .b :Détritus de sorgho. c :NPK15-15-15

2.2.3. Matériel de terrain

Le matériel de terrain est constitué de : un décamètre et d'un mètre de ruban qui ont servi à délimiter le site, les parcelles élémentaires, mesurer la hauteur des plantes et des entrenœuds à la récolte. Les piquets et le cordeau ont permis respectivement de délimiter les lignes et d'aligner les poquets. Quant à la machette à nettoyer, débroussailler et couper les arbustes et les arbres en vue de la préparation du site avant les semis. Le râteau a servi à rassembler les débris et à les mettre hors des parcelles grâce à la brouette. La brouette a permis aussi au ramassage et l'acheminement des matières fertilisantes vers le site expérimental. Aussi la daba a été utilisée pour la confection des billons alors que la sarcluse a permis le désherbage de la parcelle. L'arrosoir a été utile lors de déficit de pluie pendant le stade végétatif de la culture. Le matériel de pesée composée de : une balance Roberval CAP 15 kg qui a servi à

peser de façon fractionnée les quantités de fertilisant organique et une balance TH-500 (capacity 500 g x 0.1g) pour déterminer le poids des épis secs et le poids des graines issues de chaque épi (Figure 8).



Figure 8 : Quelques outils utilisés sur le terrain

2.2.4. Matériel de laboratoire

Les analyses au laboratoire ont nécessité les outils suivants :

- Balance électronique pour la pesée des différents échantillons des fertilisants organiques et de sols de Bouaké et Katiola avant culture (figure 9 a) ;
- creusets en porcelaine pour recueillir les différents échantillons (figure 9 b) ;
- Blocs de minéralisation pour la minéralisation des échantillons des différents fertilisants et de sols avant culture (figure 9 c) ;
- Spectromètre U/V visible pour la détermination du phosphore (figure 9 d) ;
- PH-mètre pour la détermination du pH des différents fertilisants et de sols (figure 9 e) ;
- Spectromètre d'absorption atomique de marque *Varian AA 300* pour la détermination de la concentration des éléments minéraux (K, Ca et Mg) dans les échantillons (figure 9 f) ;
- four électrique pour la fusion des échantillons (figure 9g) ;
- Distillateur Kjeldahl pour déterminer la concentration en azote des différents échantillons (figure 9h).

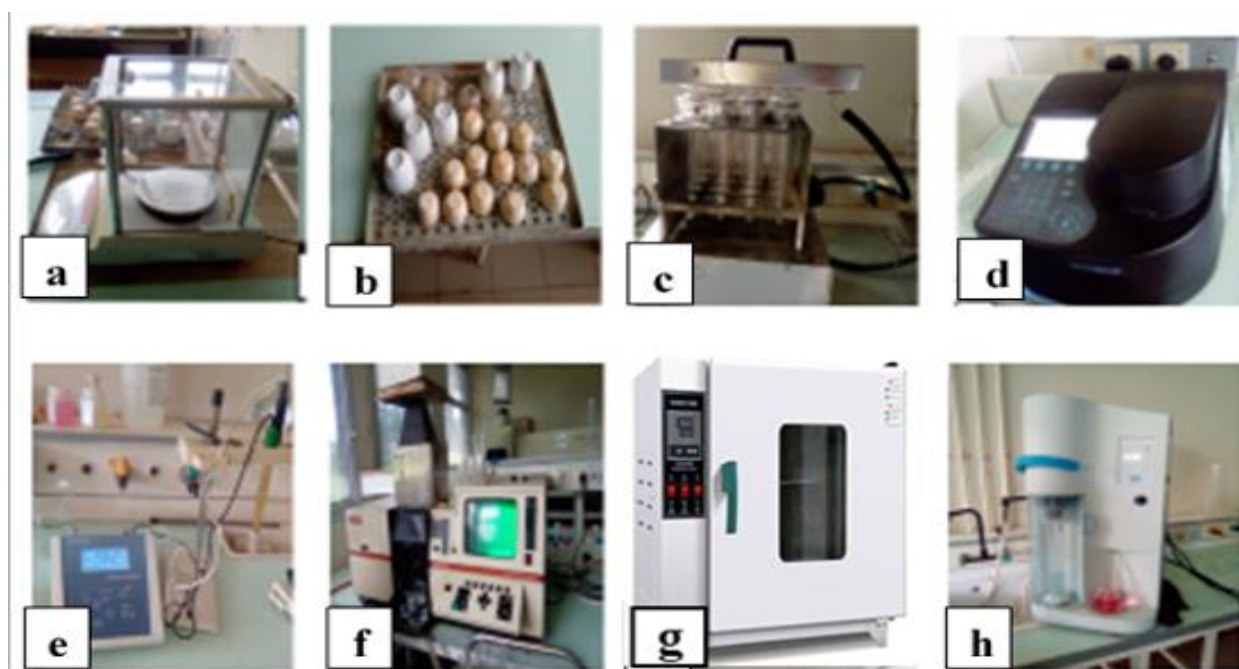


Figure 9 : Matériel de laboratoire

2.3. Méthodes

Les démarches utilisées pour évaluer l'effet fertilisant des déchets organiques et identifier le fertilisant le plus performant ont été décrites. Ainsi que les stratégies pour déterminer la dose optimale du déchet organique identifié comme le plus performant et de la densité optimale à sortir de l'évaluation de sa rentabilité économique ont été également indiquées dans ce chapitre

2.3.1. Ramassage et conditionnement de la bouse de mouton et du détritrus de sorgho

Les matières fertilisantes constituées de bouse de mouton et détritrus de sorgho ont été ramassées entre le 05 décembre au 05 février de chaque année d'essai. Celles-ci ont été d'abord débarrassées de leurs impuretés (éléments grossiers, fibres, cailloux, sable, etc.). Ensuite elles ont été mises dans des sacs puis stockées à l'ombre, dans un endroit sec et bien ventilé pour éviter sa déstructuration. Avant leur utilisation sur les sites d'expérimentation les contenus des différents sacs ont été mélangés pour constituer un seul lot homogène de chaque type de matières fertilisantes.

2.3.2. Méthodes d'analyse chimique de la bouse de mouton, du détritux de sorgho et de sols avant culture

Au terme du stockage des différents fertilisants, un échantillon de chaque fertilisant a été prélevé. Pour les sols un échantillon composite a été constitué par multiples prélèvements par la méthode des diagonales sur 0-30cm. Ces échantillons ont été séchés à l'air libre puis broyés dans un mortier en agate. Ils ont été tamisés avec un tamis de 2mm et un sous-échantillon d'un kilogramme de chaque a été prélevé afin d'analyser leurs compositions physico-chimiques. Toutes les analyses ont été effectuées au laboratoire d'Analyses des Végétaux et des Sols (LAVESO) de l'Ecole Supérieure d'Agronomie de l'Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro, en Côte d'Ivoire. La teneur en minéraux a été exprimée g/kg par rapport à la quantité de matière sèche (MS) de l'échantillon pour les éléments azote N, phosphore P, potassium K, magnésium Mg et calcium.

2.3.2.1. Détermination du taux d'azote total

Le taux d'azote total des échantillons a été obtenu par la méthode de Kjeldahl (1883) par minéralisation à chaud (300 °C), en milieu acide sulfurique de la matière organique. Le principe consiste à minéraliser l'azote organique par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur. L'ammoniac est déplacé en milieu basique lors de la distillation puis recueilli dans l'acide sulfurique. Le dosage a été fait selon la méthode de Kjeldahl (1883). Une quantité de 1 g de sol broyé a été prélevée puis introduite dans un matras de minéralisation avec 10 ml d'acide sulfurique concentré, 0,2 g de catalyseur (sélénium) et une ou deux pierres ponce afin d'éviter des pertes par éclaboussure. L'ensemble a été porté à ébullition pendant 2 h 30 min et filtré à l'aide de filtre Whatman dont le diamètre des pores est de 0,45µm. Après refroidissement, le volume du filtrat a été ajusté à 100 mL avec de l'eau distillée. Un volume de 25 ml du filtrat et 25 ml d'une solution de soude (400 g / L) ont été introduits dans un matras de distillation. Une fiole Erlenmeyer de 250 mL contenant 20 mL de solution d'acide sulfurique (0,01 N) et deux à trois gouttes de rouge de méthyl et vert de Bromocrésol, a permis de recueillir le distillat. Une titration avec une solution de NaOH (0,01 N) sous agitation magnétique s'en est suivie. Le Tableau I présente les normes d'interprétation de l'azote (Konan, 2021)

Tableau I: Norme d'interprétation de l'azote

Azote (%)	< 0,05	0,05-0,1	0,1-0,15	0,15-0,25	> 0,25
Appréciation	Très pauvre	Pauvre	Intermédiaire	Riche	Très riche

2.3.2.2. Détermination de la teneur en phosphore total

Le phosphore total comprend toutes les formes de phosphore présentes dans un échantillon, qu'elles soient minérales ou organiques. La teneur en phosphore total a été estimée par la méthode spectrométrique au bleu de molybdène (Murphy et Riley, 1962). La détermination de la teneur en phosphore a consisté à attaquer à chaud toutes les liaisons phosphatées par l'acide nitro-perchlorique de sorte à libérer le phosphore dans la solution. La méthode colorimétrique au bleu de molybdène (Murphy et Riley, 1962) après attaque perchloro-nitrique du sol a été utilisée pour le dosage du phosphore total. En effet, le sol est soumis à une attaque acide oxydante à ébullition prolongée. Ainsi, les différentes formes de phosphore sont amenées à l'état d'ions ortho-phosphate. Puis en présence de ces ions et du bleu de molybdène, en milieu acide, il y a formation d'un complexe phospho-molybdique de couleur bleu. L'intensité de la coloration qui traduit la concentration en P dans l'extrait, a été mesurée au colorimètre à la longueur d'onde de 882 nm. Les valeurs du phosphore ont été lues au spectromètre et analysées selon les bases d'interprétation de Wopereis *et al.*, (1999) décrites dans le Tableau II.

Tableau II : Bases d'interprétation du phosphore total

Valeur de P (%)	< 0,0003	0,0003-0,0006	0,0006-0,0025	> 0,0025
Niveau de potentialité	Très pauvre	Pauvre	Moyen	Bon

2.3.2.3. Détermination de la teneur en cations (Ca²⁺, K⁺ et Mg²⁺)

Les bases échangeables ou cations échangeables ont été extraits par la méthode à l'acétate d'ammonium à pH 7 (Ciesielski et Sterckeman, 1997). L'extraction a consisté en une prise de 5 g de sol tamisé à 2 mm dans un godet de 50 ml avec 25 ml d'une solution normale d'acétate d'ammonium pH 7. L'ensemble a été agité à l'aide d'un agitateur va et vient pendant 30 min. Une centrifugation a été effectuée à 3000 tours / min pendant 5 min puis ultérieurement une filtration dans une fiole de 100 ml à l'aide de papier filtre Whatman. Cette opération a été effectuée 4 fois et a permis d'extraire 100 ml de solution de bases échangeables dosées par le spectrophotomètre d'absorption atomique. La lecture a été faite aux longueurs d'ondes de 623 nm, 285 nm, 768 nm, respectivement pour Ca, Mg, et K. Les résultats sont exprimés en cmol / kg de sol. Les normes d'interprétation des valeurs de chacun de ces éléments minéraux sont présentées par le Tableau III (Baize (2000)).

Tableau III : Normes d'interprétation pour le potassium, le calcium et le magnésium

K (%)	< 0,0039	0,0039-0,0078	0,0078-0,0117	0,0117-0,0195	> 0,0195
Mg (%)	< 0,036	0,036-0,048	0,048-0,06	0,06-0,084	> 0,084
Ca (%)	< 0,08	0,08-0,14	0,14-0,2	0,2-0,26	> 0,26
Interprétation des valeurs	Très faible	Faible	Peu faible	Optimal	Elevé à excessif

2.3.3. Identification du fertilisant le plus performant

2.3.3.1. Préparation du sol

La préparation de la parcelle d'essai a pour but l'amélioration de l'environnement dans lequel les jeunes pousses vont évoluer. Elle s'est déroulée de mars à avril de chaque année d'étude. Elle s'est faite selon le mode de semi sur billon pratiqué usuellement par les paysans, et conseillé par la structure d'encadrement ANADER. La première opération a consisté au défrichage de la parcelle d'étude en coupant les arbustes et grandes herbes à l'aide de machettes sur une superficie de 50m x 50m, soit 5000 m². Le défrichage a été suivi du labour qui a consisté à couper et retourner le sol en couches successives sur une profondeur de 30 cm à l'aide de dabs. Ensuite, 14 jours après le labour, des billons longs de 6 m, larges 30 cm et hauts de 30 cm ont été confectionnés. Ce mode de semi est celui pratiqué par les paysans du centre à cause de la pauvreté des sols. Tandis que l'association de cultures (cotonnier et maïs) pratiquées par ceux du nord le justifie. En effet, la confection des billons a consisté à rassembler la terre en bandes rectilignes distantes de 0,75 m (distance entre les crêtes de 2 billons consécutifs) qui serviront des lignes de semis. Enfin, le piquetage a été effectué pour matérialiser les points de semis distants de 0,30 m marquant ainsi la fin de la préparation de la parcelle.

Il est important de faire remarquer que chaque année une nouvelle défriche a été réalisée sur une nouvelle zone non loin de la précédente pour la préparation du sol.

2.3.3.2. Utilisation des trois types de fertilisants

La fertilisation a consisté à l'épandage des différentes fumures utilisées au cours de cette expérience qui sont la bouse de mouton, le détrit de sorgho et le NPK 15-15-15. L'épandage des fumures organiques et minérales a lieu 15 jours après semis afin de mieux comparer leurs effets fertilisants. Les parcelles élémentaires (6 m x 4m = 24 m²) traitées à la bouse de mouton et au détrit de sorgho ont reçu chacune une quantité de 72 kg, soit 3kg/m² ou 30 tonnes par

hectare (t/ha) recommandée par les structures d'encadrement et de recherche. Les parcelles traitées avec l'engrais minéral (NPK-15-15-15) ont été fumées au 15^{ème} jour après semis. Chacune de ces parcelles élémentaires (6 m x 4m = 24 m²) a reçu une quantité de 0,6 kilogrammes, soit 25g/m². Le NPK a été enfoui environ 2 cm de profondeur et à une distance de 5 cm autour du plant. Cet engrais a été utilisé sur la base de 250 kg /ha telle que vulgarisée en Côte d'Ivoire par la structure qui a en charge l'encadrement des producteurs.

2.3.3.3. Densité et semis des graines

Une seule densité de semis a été choisie au cours de cette expérience. Elle est de 44 444 plants /ha. Elle correspond à une distribution spatiale de 0,75 m entre lignes de semis et de 0,30 m entre poquets (0,75 m x 0,30 m) avec 1 plants/ poquet après démariage soit 4, 44 plantes /m² ou 106,66 plants/parcelle élémentaire. Les semis ont été effectués le 05 juin et 05 septembre à la grande et petite saison de pluies de chaque année. Les semis sont effectués le même jour sur l'ensemble des parcelles élémentaires (6mx 4m) en enfouissant 3 graines dans chaque poquet profond d'environ 5 cm. Après 5 jours, les poquets dont les graines n'ont pas germé sont ressemés.

2.3.3.4. Dispositif expérimental pour identifier le fertilisant le plus performant

L'essai a été mené sur un dispositif en blocs complètement randomisés à trois répétitions simultanément à Bouaké et Katiola. Deux facteurs ont été étudiés. Le premier facteur, la fertilisation, a été constituée de quatre niveaux, à savoir TS qui correspond au témoin sans apport de fumure (Témoin) ; NPK, l'engrais minéral NPK 15-15-15 ; DS constitué du détritrus de sorgho ; BM, composé de la bouse de mouton. Le second facteur, variété, a été constitué de deux niveaux : V1, variété à grain violet notée (VAR 1) et V2, variété à grain jaune (VAR 2). La combinaison de ces deux facteurs a donné lieu à 8 traitements ou parcelle élémentaires : V1TS, V1NPK, V1BM, V1DS, V2TS, V2NPK, V2BM et V2DS.

L'expérimentation a eu lieu sur une superficie de 1632 m² (48 m x 34 m) constituée de trois (3) blocs. L'espacement entre deux blocs consécutifs est de 3 m. Chaque bloc est constitué de huit (8) parcelles élémentaires de 24 m² (6 m x 4 m) espacée de 2m soit au total 24 parcelles expérimentales (Figure 10).

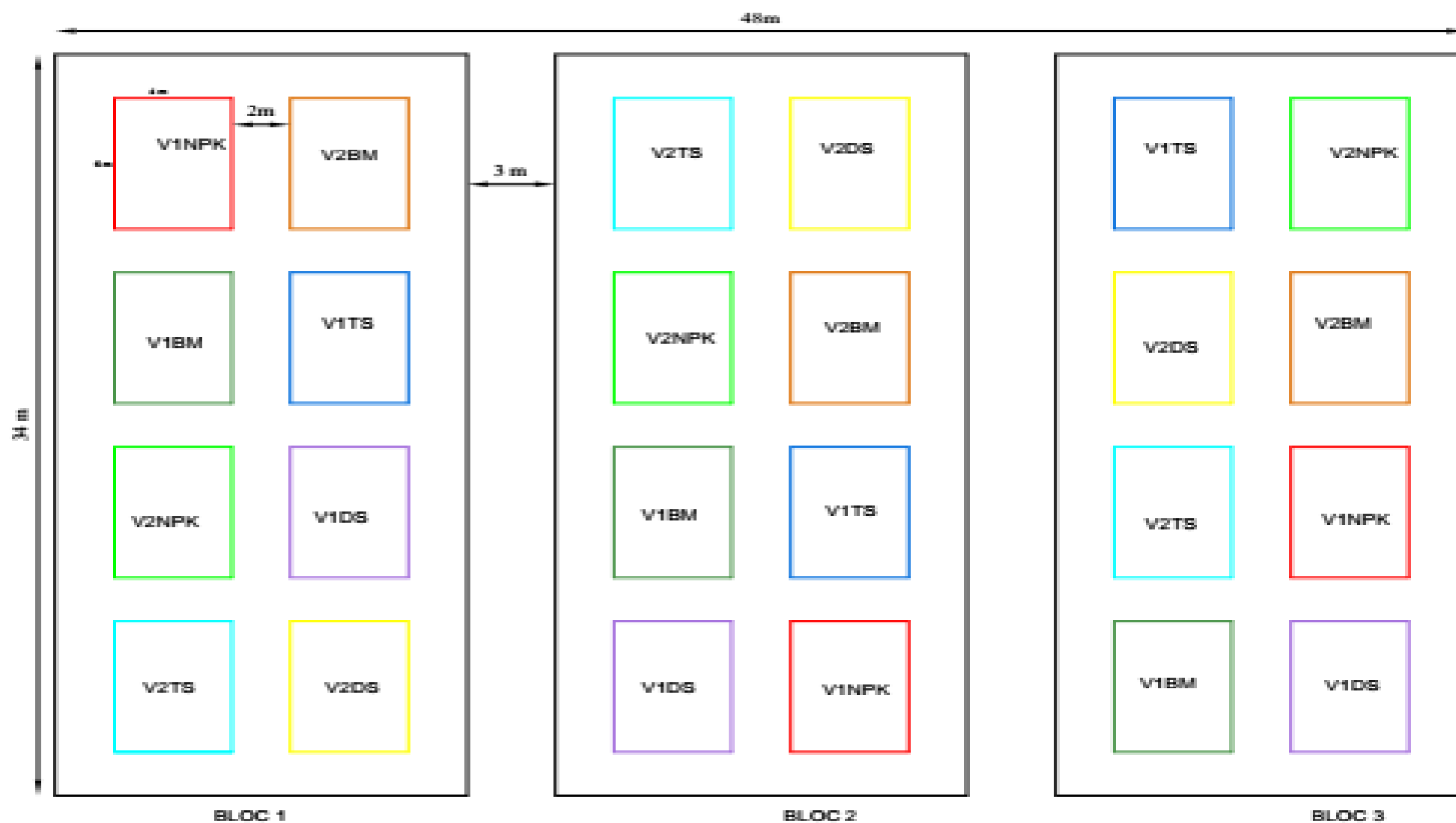


Figure 10 : Dispositif expérimental relatif à l'identification du fertilisant optimisant la production du maïs

2.3.4. Détermination de la dose de détritrus de sorgho et de la densité de semis optimales

Dans ce chapitre un seul fertilisant, celui qui s'est montré plus performant a été choisi afin de déterminer sa dose optimale sur trois différentes densités de semis.

2.3.4.1. Densité et semis des graines pour déterminer la dose optimale

Ces semis ont été réalisés suivant trois densités, choisies sur base des observations préliminaires effectuées dans les champs situés dans la zone de production. Ainsi 3 densités de semis dont les écartements sur les lignes sont respectivement de 0,20 m, 0,30 m et 0,40 m avec un écartement uniforme de 0,75 m entre les lignes ont été définies pour tester les différentes doses d'engrais constituées (Nyembo *et al.*, 2012). Ce sont :

- La forte densité (D1) : elle est constituée de 66 666 plantes /ha soit 6,66 plantes/m² ou 160 plants/parcelle élémentaire. Les poquets sont distants de 0,75 m entre les lignes de semis et de 0,20 m sur les lignes (0,75 m × 0,20 m).
- La densité moyenne (D2) : elle est constituée de 44 444 plantes/ha soit 4,44 plantes / m² ou 106,66 plants /parcelle élémentaire. Les poquets correspondent à un écartement de 0,75 m entre les lignes de semis et de 0,30 m sur les lignes de semis (0,75 m × 0,30 m).
- La faible densité (D3) : elle comprend 33 333 plantes /ha soit 3,33 plantes/ m² ou 80 plants /parcelle élémentaire. Les poquets sont espacés de 0,75 m entre les lignes de semis et de 0,40 m sur les lignes (0,75 m × 0,40 m).

Pour les trois densités. Chaque poquet a abrité 1 plant après démariage.

2.3.4.2. Utilisation des différentes doses de détritrus de sorgho

Le détritrus de sorgho issu de la fabrication de *tchapalo* s'est montré plus performant comparativement aux deux autres fertilisants lors de l'évaluation des fertilisants dans le chapitre précédent. Ainsi dans le chapitre suivant trois doses différentes de détritrus de sorgho ont été constituées afin de vérifier leurs efficacités sur les différentes densités des semis pratiquées par les paysans des zones d'étude. Ces doses sont : C1, C2 et C3. Ces concentrations C1, C2 et C3 correspondaient respectivement à 20, 30 et 40 T/ha, soit également à 48 ; 72 et 96 Kg par parcelle élémentaire (Kitabala *et al.*, 2016). Elles ont été apportées au stade végétatif, 15 jours après semis.

2.3.4.3. Dispositif expérimental pour déterminer la dose et la densité de semi optimales

Le dispositif expérimental utilisé est composé de blocs en randomisation avec 2 facteurs (la dose de fertilisant et la densité de semi) à 3 répétitions. L'essai a été effectué sur une superficie de 1716 m² (66 m x 26 m) comportant 3 blocs. Au sein de chaque bloc, 9 parcelles élémentaires de 24 m² (6 m x 4 m) ont été réalisées soit un total 27 parcelles élémentaires. La distance entre deux blocs consécutifs est de 2 m et celle d'entre les parcelles à l'intérieur d'un bloc est de 2 m (Figure 11). Les grains ont été semés en raison de trois (3) par poquet, le 10 juin de chaque année d'étude. Ces semis ont été réalisés suivant trois densités. Il s'agit de la forte densité D1 correspondant aux écartements de 0,75 m x 0,20 m soit 66 666 plantes /ha ou 160 plants/parcelle élémentaire ; de la densité moyenne D2 pour des écartements de 0,75 m x 0,30 m, soit 44444 plantes/ha ou 106,66 plants /parcelle élémentaire et de la faible densité D3 avec écartement de 0,75 m x 0,40 m soit 33 333 plantes /ha ou 80 plants/parcelle élémentaire (Nyembo et al. 2012). Pour chacune des trois densités D1, D2 et D3, trois différentes concentrations (C1, C2 et C3) 15 jours après semi ont été apportées au stade végétatif. Ces concentrations C1, C2 et C3 correspondaient respectivement à 20, 30 et 40 T/ha, soit également à 48 ; 72 et 96 Kg par parcelle élémentaire (Kitabala *et al.*, 2016). Deux démariages ont été réalisés afin de laisser le plant le plus vigoureux. Du semis à la récolte, quatre sarclages ont été effectués, pendant tout le cycle végétatif pour éviter l'interaction entre les plantes d'intérêt et les mauvaises herbes.

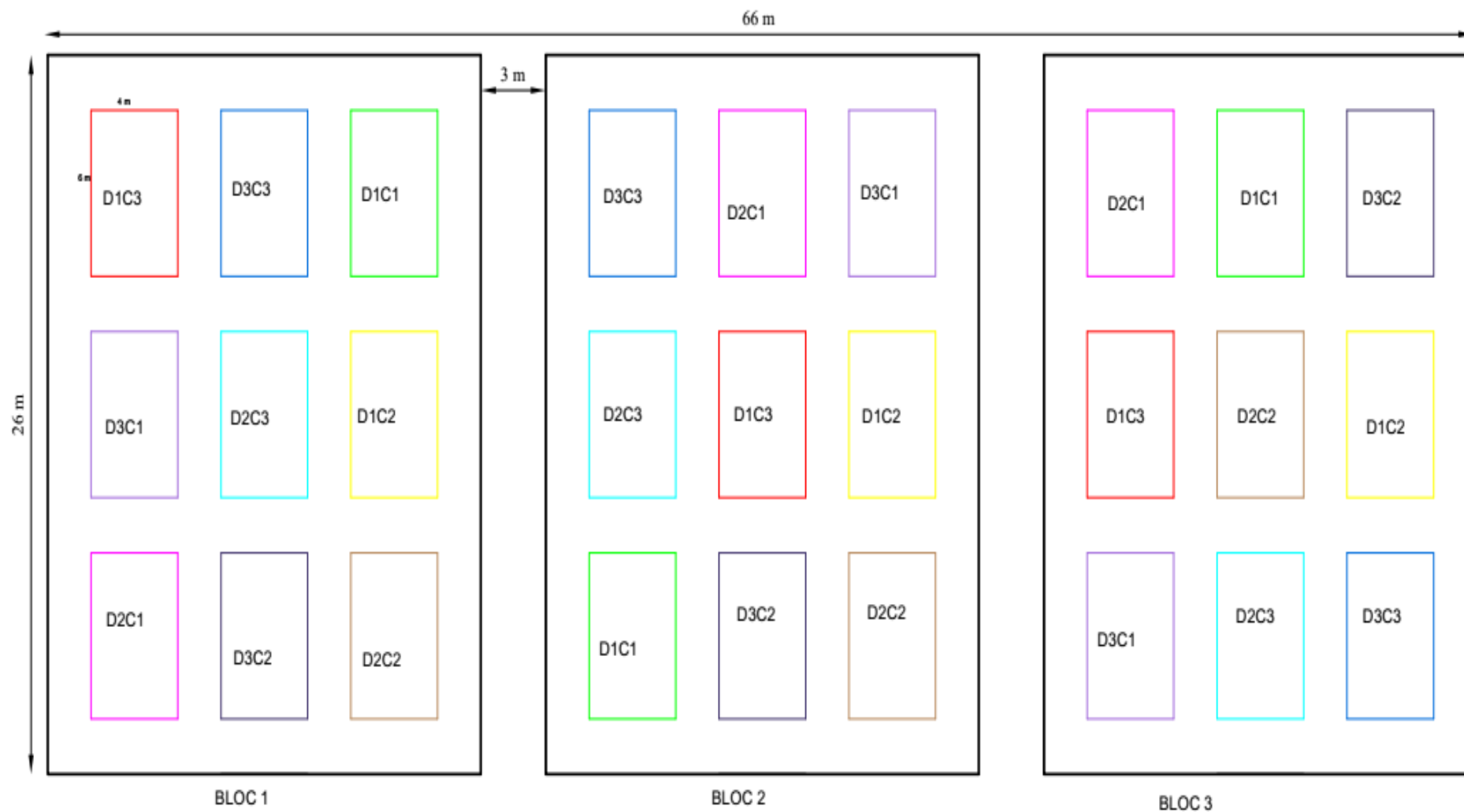


Figure 11 : Dispositif expérimental relatif à la détermination de la densité de semis et la dose optimale du détritrus de sorgho optimisant la production du maïs

2.3.5. Entretien des parcelles

Pour espérer avoir un bon rendement, la mise en place et la conduite des cultures doivent être non seulement faites, mais aussi et surtout, la lutte contre les ennemis doit être effectuée. Cependant dans le présent essai aucun traitement phytosanitaire n'a été réalisé. Deux démariages ont été réalisés afin de laisser le plant le plus vigoureux. Afin d'éviter la compétition pour la nutrition minérale, carbonée, hydrique et les pressions parasitaires quatre (4) sarclages ont été réalisés allant de la mise en place jusqu'à la collecte des données.

2.3.6. Mesure des paramètres agromorphologiques du maïs

Cent quarante (140) jours après semi, cinquante (50) plantes ont été sélectionnées de façon aléatoire puis étiquetées par parcelle élémentaire. Les mesures ont concerné les paramètres de croissance et les paramètres de rendement (Siené *et al.*, 2020). L'évaluation de la croissance, a concerné la hauteur des plants correspondant à la distance du collet jusqu'au point d'insertion de la panicule, la longueur de l'entre-nœud (concerne celui situé juste en dessous du point d'insertion de l'épi), la circonférence de la tige au collet. Le nombre de feuilles et celui des entre-nœuds a été obtenu par simple comptage au stade de récolte. Ceux du rendement choisis sont : la longueur de l'épi ; la circonférence de l'épi ; le nombre des grains de l'épi ; la masse de l'épi sec ; la masse des grains secs par épi et le rendement à l'hectare. Ainsi, la longueur et la circonférence de l'épi ont porté respectivement sur la ligne la plus importante formée par les grains sur l'épi et la circonférence à mi-hauteur de l'épi. Les épis ont été débarrassés de leurs spathes puis séchés jusqu'à poids constant suivi d'un comptage du nombre de grains par épi et par plante. La masse de l'épi sec et la masse des grains secs par épi, ont été déterminées à l'aide d'une microbalance TH-500 (sensibilité 0,1 g). Tous les paramètres de croissance ont été mesurés à l'apparition de la panicule (fin de croissance des plants) et ceux de rendement des plants ont été évalués après la récolte. Les mesures effectuées sont consignées dans le tableau IV.

Tableau IV : Méthodes de mesures des paramètres agromorphologiques en réponse aux différents facteurs

Paramètres agro morphologiques	Méthodes de mesures par parcelle élémentaire effectuée pour 50 plantes
Hauteur de la plante : HaPl(cm)	Mesure du collet jusqu'au point d'insertion de la panicule,
Longueur de l'entrenœud : LoEn(cm)	Mesure a concerné la taille de l'entrenœud,
Circonférence du collet : CiCo (cm)	Mesure de la circonférence du collet de chaque plante,
Nombre de feuilles : NoFe	Effectif de l'ensemble des feuilles de chaque plante,
Nombre d'entrenœuds : NoEn	Effectif de l'ensemble des entrenœuds de chaque plante,
Hauteur d'insertion de l'épi : HaIE(cm)	Distance du collet au point d'insertion de l'épi,
Longueur de l'épi : LoEp (cm)	Mesure de la longueur de l'épi de chaque plante,
Circonférence de l'épi : CiEp(cm)	Mesure de la circonférence de l'épi de chaque plante,
Nombre de grains par épi : NoGE	Effectif de l'ensemble des grains de l'épi de chaque plante,
Masse de l'épi sec : MSEp(g)	Masse de l'épi sec par plante,
Masse des grains secs par épi : MGsE(g)	Masse des grains secs de l'épi sur chaque plante,
Rendement : Rdt (t/ha)	Masse totale de grains secs à l'hectare.

2.3.7. Mesure des paramètres de rentabilité économique

La détermination des paramètres d'estimation de la rentabilité économique s'est faite selon les modèles de Yabi *et al.*, (2012) et Vognan *et al.*, (2017). La rentabilité économique de l'innovation a consisté à évaluer les données suivantes : la production brute en valeur des pratiques culturales, la production brute en valeur de l'innovation, les coûts nets de la production des pratiques culturales, le coût net de l'innovation et la marge nette des pratiques culturales.

2.3.7.1. Production Brute en Valeur des pratiques culturales

La production brute en valeur (PBV) traduit la valeur de la production maïs-graines à hectare exprimée en monnaie locale obtenue par la vente de la production d'un hectare (FCFA/ha). Elle traduit la valeur marchande du maïs -graines récolté sur une unité agraire de 1 hectare. Elle se calcule selon la formule suivante :

$PBV = \text{Prix bord champ} \times \text{production à l'hectare}$. Sur la campagne 2020-2021, le prix du maïs-graine sur le marché local est de 225 FCFA / kg.

2.3.7.2. Production Brute en Valeur de l'Innovation

La production brute en valeur de l'innovation (PBVI) exprimée en monnaie locale par hectare (FCFA/ha) est la valeur marchande brute du surplus de la production que l'innovation a permis d'obtenir sur une unité agraire de 1 ha. Elle traduit l'écart entre la production brute en valeur obtenue sur une surface innovée de 1 ha et celle obtenue sur une surface de 1 ha sans innovation. C'est le gain brut du producteur par la vente du surplus obtenu de sa production grâce à l'adoption de l'innovation. Elle peut être déterminée comme suit :

$PBVI = PBVa - PBVb = \text{prix bord champ} \times (\text{production parcelle innovée} - \text{production parcelle témoin})$ où PBVa est la production brute de la parcelle innovée et PBVb est la production brute en valeur de la parcelle sans innovation (témoin). Dans cette étude le traitement de référence (250 Kg/ha NPK 151515+ 100Kg/ha Urée) est celui bien connu des producteurs de la zone d'étude, encadrés par les conseillers agricoles de l'ANADER avec un rendement moyen de 2,30 t/ha.

2.3.7.3. Coûts Nets de la Production des pratiques culturales

Les coûts nets de production (CNP) exprimés en francs CFA à l'hectare (FCFA/ha) comprennent les coûts liés aux différentes activités de la production exercées sur une surface d'un hectare. Le coût de la production est calculé ici en considérant que le producteur dispose au moins d'une parcelle et d'un minimum de matériels de travail à savoir ; un appareil de traitement, une daba et une machette. Ainsi, les opérations nécessitant un apport extérieur de ressources telles que les travaux du sol (défrichement, labour et billonnage, semi), les entretiens culturaux, la fertilisation, la récolte et l'égrainage sont retenus dans le calcul du coût de la production dans les comparaisons des coûts de production entre les deux technologies. Il est obtenu comme suit : $CNP = \sum cp_i$ avec cp_i = valeur en FCFA du coût de l'activité i de production. Les estimations des coûts des travaux du sol, d'entretien, d'achat et de transport de fumure et de récolte tiennent compte des coûts réels appliqués dans la zone d'étude. Les travaux de sol ont coûté 62 000 FCFA et 12 000 FCFA pour l'opération de semi. Les entretiens culturaux valent 36. 000 FCFA. Les coûts des engrais (Urée, NPK et fumier) enregistrés sur le marché local sont respectivement 300 FCFA / kg, 500 FCFA / kg et 300FCFA/100Kg. Le coût de la récolte et l'égrainage sont évalués à 30 500 FCFA/ha. Le transport au champ d'un sac de 100 kg de fumure minéral coûte 2000 FCFA. Pour la fumure organique, une location de véhicule de 10Tonnes a été effectuée en raison de 35 000 FCFA le voyage.

2.3.7.4. Coût Net de l'Innovation

Le coût net de l'innovation (CNI) est perçu comme étant l'écart entre le coût de la production induit par l'innovation et le coût de la production qui aurait pu être si l'innovation n'était pas introduite. Il traduit le coût de la production imputé directement à l'innovation introduite sur une surface de 1 hectare. Il s'exprime en monnaie locale par hectare (FCFA/ha) et se détermine comme suit : $CNI = CNPi - CNPt$ où $CNPi$ = coût brut de la production avec innovation et $CNPt$ = coût brut de la production sans innovation.

Si $CNI = 0$, alors l'innovation n'induit pas de coût de production supplémentaire, Si $CNI < 0$, alors l'innovation entraîne une réduction du coût de production, Si $CNI > 0$, alors l'innovation entraîne un coût de production supplémentaire. Dans ce cas, CNI doit être comparé à la valeur du poids supplémentaire induit par l'innovation avant toute décision d'adoption ou de refus.

2.3.7.5. Marge Nette des pratiques culturales

Exprimée en FCFA/ha, la marge nette (MN) de production est obtenue en déduisant de la production brute en valeur (PBV) à l'hectare les coûts nets des activités (CNP) à l'hectare. Elle traduit le bénéfice que le producteur réalise après la vente de sa production récoltée sur une surface de 1 hectare. Elle est donnée par la formule suivante : $MN = PBV - CNP$. Si la marge nette est positive ($MN > 0$), alors on conclut que la production brute arrive à couvrir tous les coûts de la pratique culturale et que cette pratique culturale est économiquement rentable. Par contre, si la marge nette est négative ($MN < 0$), alors la production brute n'arrive pas à couvrir les coûts. Dans ce cas, la pratique culturale n'est pas économiquement rentable.

2.3.7.6. Marge Nette de l'Innovation

La marge nette de l'innovation (MNI) traduit le bénéfice net qui est directement lié à l'adoption de l'innovation. Elle est obtenue en déduisant de la production brute en valeur de l'innovation (PBVI) à l'hectare le coût net de l'innovation (CNI) à l'hectare. Elle s'exprime aussi en FCFA/ha et se détermine de la manière suivante : $MNI = PBVI - CNI$. Si la marge nette de l'innovation est positive ($MNI > 0$), alors on conclut que la production brute en valeur de l'innovation arrive à couvrir tous les coûts totaux que cette innovation génère et que la pratique culturale est économiquement rentable. Par contre, si la marge nette de l'innovation est négative ($MNI < 0$), alors la production brute de l'innovation n'arrive pas à couvrir les coûts. Dans ce cas, la pratique culturale n'est pas économiquement rentable. Elle endette plutôt le producteur. Aussi, si la marge nette de l'innovation est nulle ($MNI = 0$), alors la production brute de l'innovation couvre juste les coûts générés. Dans ce cas l'innovation net pas économiquement rentable et doit être rejetée.

2.3.7.7. Ratio (R): Marge Nette / Coût Net

Il exprime le rapport entre le revenu net (bénéfice) obtenu sur une unité de surface et le coût total de l'investissement imputé directement à l'innovation sur cette unité de surface. Si MN est la Marge Nette et CN le coût Net de la production, on a : $R = MN / CN$. L'interprétation de R se fait en le comparant à la valeur 1. Lorsque $R > 1$, nous pouvons conclure que 1 franc investi génère plus de 1 franc comme bénéfice, et l'activité est dite économiquement rentable. Si par contre $R < 1$, alors 1 franc investi génère moins de 1 franc comme bénéfice. Dans ce cas, l'activité est jugée économiquement non rentable, car le producteur gagne moins qu'il investisse. Chacune des démarches utilisées ci-dessus décrites a abouti à des résultats particuliers. Chacun de ces résultats fait objet de présentation dans la session suivante.

2.3.8. Analyse statistique

L'analyse multiple de la variance (MANOVA) a été utilisée en vue d'étudier l'effet global du type de fertilisants (détritres de sorgho, bouse de mouton et NPK), de la dose de détritres de sorgho, de la densité, de l'année de culture et leurs interactions sur les paramètres agronomiques du maïs (*Zea mays* L). La MANOVA est appropriée quand l'analyse de la variance (ANOVA) doit prendre en compte plusieurs variables (Haase et Ellis, 1987). Dans la pratique, une variable dépendante unique maximisant les différences entre les traitements est créée à partir de la combinaison de l'ensemble des variables analysées. Ce test obéit aux mêmes exigences expérimentales et mathématiques que l'ANOVA (Sokal et Rohlf, 1995). Dans le cas de la présente étude, une fois que la MANOVA a révélé l'effet significatif d'un facteur, des ANOVA sont effectuées pour chaque paramètre examiné afin d'identifier celui ou ceux qui contribuent à l'effet du facteur considéré. Pour chaque variable discriminante identifiée, des comparaisons multiples sont faites en effectuant le test de la plus petite différence significative (ppds). Ce test permet d'identifier le ou les traitements qui diffèrent significativement les uns des autres (Dagnelie, 1998). La signification de la différence des moyennes est déterminée en comparant la probabilité P associée à la statistique F du test de Fischer-Snedecor au seuil théorique de $\alpha = 0,05$. Ainsi lorsque $P \geq 0,05$, il n'existe pas de différence significative, par contre lorsque $P \leq 0,05$, il existe une différence significative entre les différentes moyennes. Tous les tests ont été effectués grâce au logiciel R (version 4.1.2).

Une ACP (analyse en composante principale) a été réalisée pour choisir le fertilisant le plus performant. L'analyse en composantes principales a été l'une des méthodes les plus utilisées par d'autres auteurs (Ameur, 2012 ; Bermad, 2004). C'est une méthode basée sur des statistiques descriptives multidimensionnelles permettant de traiter simultanément un

nombre quelconque de variables quantitatives. Ici il s'agissait de plusieurs traitements (n traitements) mesurés par rapport à un grand nombre de variables numériques (paramètres agromorphologiques). Ces variables sont la plupart du temps corrélées entre elles. Elle à rechercher des facteurs en nombre restreint en résumant le mieux possible les données considérées. Elle aboutit à des représentations graphiques des données (des traitements comme des variables) par rapport à ces facteurs représentés comme des axes (Bouzaïene *et al.*, 2011) . Ces représentations graphiques sont du type nuage de points.

L'ACP a l'avantage d'être une méthode pour laquelle il n'y a aucun paramètre à préciser au départ (De Boeck, 2009). Elle permet également d'analyser les associations entre un très grand nombre de profils d'expression (plusieurs milliers) sans aucun problème et est implémentée dans de nombreux outils conviviaux comme J-Express (Eichner, *et al.*, 2008). C'est une méthode qui souligne les similarités ainsi que les différences des données dans un espace à grandes dimensions où l'on n'a pas le luxe de la représentation graphique en identifiant la dépendance des structures des observations stochastiques multidimensionnelles dans le but d'avoir sa description compacte. Elle est communément considérée comme un outil de visualisation des données (Duby et Robin, 2006). Pour ces raisons, c'est sans doute la première méthode à appliquer à un jeu de données que l'on souhaite mieux comprendre. Le résultat de l'ACP donne une première idée de la structure des données et peut orienter les analyses ultérieures, comme par exemple choisir un nombre de groupes pertinent pour la classification (Saigaa *et al.*, 2005).

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Effet du type de fertilisant, de la variété, de l'année et de la localité sur les paramètres agromorphologiques du maïs

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet fertilisant, l'effet variété, l'effet année de culture et l'effet localité et leurs interactions sur les paramètres agromorphologiques du maïs. Un tel travail permettra de déterminer le fertilisant optimisant le mieux la production du maïs et d'indiquer si cette optimisation serait liée à la variété, à l'année de culture ou à la localité.

3.1.1.1. Analyse descriptive des données quantitatives

L'analyse des données a révélé que les variables quantitatives étudiées ont montré des écarts importants entre les valeurs minimales et valeurs maximales. Cinq des 12 paramètres agromorphologiques ont présenté des écarts importants entre les valeurs minimales et les maximales. Ces paramètres sont : la hauteur des plantes (19,16 cm), la hauteur d'insertion de l'épi (13,95cm), le nombre des grains par épi (83,64), la masse de l'épi sec (36,51 g) et la masse des grains secs par épi (28,48 g). Par contre la longueur de l'entrenœud (2,46 cm), la circonférence du collet (1,40 cm), le nombre de feuilles (0,87), le nombre d'entrenœud (0,83), la longueur de l'épi (2,67cm), la circonférence de l'épi (1,87cm) et le rendement (1,26 t/ha) ont eu des variations très faibles entre les minimales et les maximales (Tableau V). Ainsi certains paramètres comme la hauteur des plantes, la hauteur d'insertion de l'épi, le nombre des grains par épi, la masse de l'épi sec et la masse des grains secs par épi ont des valeurs très dispersées de leur moyenne. Tandis que d'autres c'est à dire : la longueur de l'entrenœud, la circonférence du collet, le nombre de feuilles, le nombre d'entrenœuds, la longueur de l'épi, la circonférence de l'épi et le rendement possèdent des valeurs proches de leur moyenne.

Tableau V : Analyse descriptive des données quantitatives

Variables	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-Type
HaPl	240	174,4208	138,0000	233,0000	<u>19,16</u>
LoEn	240	14,1025	8,0000	20,2000	2,46
CiCol	240	6,4842	3,1000	10,0000	1,40
No Fe	240	13,7125	12,0000	16,0000	0,87
No En	240	13,7333	12,0000	16,0000	0,83
HaIE	240	68,4125	40,0000	98,0000	<u>13,95</u>
Lo Ep	240	10,8350	6,0000	17,0000	2,67
Ci Ep	240	12,2421	8,0000	17,0000	1,87
NoGE	240	271,3792	169,0000	538,0000	<u>83,64</u>
MSEp (g)	240	83,0792	37,0000	190,0000	<u>36,51</u>
MGsE (g)	240	62,4583	25,0000	154,0000	<u>28,48</u>
Rdt (t/ha)	240	2,7759	1,1111	6,8444	1,26

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales : Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoFe** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; Hauteur d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** et Rendement : **Rdt**

3.1.1.2. Corrélation entre les paramètres agromorphologiques du maïs

L'analyse a montré l'existence de corrélation positive entre plusieurs paramètres agromorphologiques ($r > 0,70$). Les relations les plus importantes ont été observées d'abord entre la longueur de l'entrenœud, la longueur de l'épi, la circonférence de l'épi et le nombre des grains par épi. Ensuite entre la hauteur des plants, la longueur de l'entrenœud, la longueur de l'épi, la circonférence de l'épi, le nombre des grains par épi et la masse de l'épi sec. Aussi entre la longueur de l'entrenœud, la longueur de l'épi, la circonférence de l'épi, le nombre des grains, le poids sec de l'épi et le poids sec des graines. Enfin entre la longueur de l'entrenœud, la longueur de l'épi, la circonférence de l'épi, le nombre de grains par épi, la masse de l'épi sec et le rendement (Tableau VI). Par ailleurs l'augmentation de la longueur de l'entrenœud, la longueur de l'épi, la circonférence de l'épi, le nombre de grains par épi, la masse de l'épi sec a provoqué celui du rendement. Finalement, la fertilisation a permis un accroissement des paramètres de croissance et ceux-ci ont induit l'augmentation du rendement du maïs.

Tableau VI : Corrélation entre les paramètres agromorphologiques du maïs

	HaPl	LoEn	CiCol	NoFe	No En	HaIE	Lo épi	Ci Ep	NoGE	MSEp	MGsE	Rend (T/ha)
HaPl (cm)	1,00											
LoEn(cm)	<u>0,71</u>	1,00										
CiCol(cm)	0,59	0,55	1,00									
No Fe	0,55	0,48	<u>0,76</u>	1,00								
No En	0,58	0,49	<u>0,75</u>	<u>0,95</u>	1,00							
HaIE(cm)	0,61	0,56	0,65	0,57	0,57	1,00						
LoEp(cm)	<u>0,75</u>	<u>0,73</u>	0,63	0,61	0,61	0,57	1,00					
CiEp(cm)	0,58	0,56	0,49	0,45	0,46	0,53	<u>0,73</u>	1,00				
NoGE	0,70	<u>0,76</u>	0,67	0,58	0,59	0,64	<u>0,79</u>	<u>0,72</u>	1,00			
MSEp(g)	<u>0,71</u>	<u>0,76</u>	0,66	0,59	0,59	0,61	<u>0,84</u>	<u>0,74</u>	<u>0,86</u>	1,00		
MGsE(g)	0,68	<u>0,75</u>	0,67	0,61	0,60	0,60	<u>0,82</u>	<u>0,71</u>	<u>0,84</u>	<u>0,96</u>	1,00	
Rdt (t/ha)	0,68	<u>0,75</u>	0,67	0,61	0,60	0,60	<u>0,82</u>	<u>0,71</u>	<u>0,84</u>	<u>0,96</u>	1,00	1,00

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales : Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoF** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; **Hauteur** d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** et Rendement : **Rdt**

3.1.1.3. Composition chimique des fertilisants organiques et du sol de Bouaké et Katiola avant culture

L'analyse chimique des fertilisants a révélé que le détritux de sorgho de par sa composition est plus riche en éléments minéraux majeurs : azote (N), phosphore P et potassium (K) et en éléments secondaires tels que le magnésium (Mg), le calcium (Ca) et le soufre (S) que la bouse de mouton. Aussi on constate que le détritux de sorgho contient : 3,49 N ; 0,37 P et 0,78 K contre respectivement 1,16 N, 0,12 P et 0,54 K pour la bouse de mouton comparativement à des taux plus faibles pour les sols de Bouaké et Katiola avant culture (Tableau VII). Ces sols-ci présentent une composition pauvre en azote (Bouaké :0,09 ; Katiola :0,06 < 0,1), un taux relativement bas en phosphore (0,005) et riches en potassium (Bouaké :0,23 ; Katiola :0,18 > 0,0195). En somme, le détritux de sorgho est 3 fois plus riche en azote et en phosphore et un plus de potassium que la bouse de mouton. Aussi ces sols avant culture sont 10 à 20 fois plus pauvre en azote, 24 à 40 fois en phosphore et 2 à 3 fois moins en potassium que la bouse de mouton. Par ailleurs le détritux de sorgho et la bouse de mouton présentent des pH basiques qui sont respectivement de 8,97 ; 8,14 par rapport aux sols de Bouaké et de Katiola avant l'installation de la culture dont le ph a un caractère acide (5,52 et 6,10). Le détritux de sorgho (CO : 28,68 ; MO : 58,14) et la bouse de mouton (CO : 25,47 ; MO : 50,69) sont très riches en carbone organique et matière organique comparativement aux parcelles témoins de Bouaké (CO : 1,24 ; MO : 2,76) et Katiola (CO : 1,72 ; MO : 3,51) avant culture.

Le rapport C/N traduit la capacité d'un sol à minéraliser la matière organique ou la vitesse de décomposition de la matière organique (fertilisants organiques) apportée au sol. L'analyse chimique a révélé un rapport relativement faible pour le détritux de sorgho (8,21) et élevé pour la bouse de mouton (21,95). Par ailleurs le sol de Bouaké (13,77) indique un rapport faible acceptable par rapport un C/N élevé pour Katiola (28,66).

Tableau VII : Composition chimique des fertilisants organiques et du sol de Bouaké et Katiola

Paramètres chimiques	B M	DS	Sol Bouaké	Sol Katiola
pH	8,14	8,97	5,62	6,10
N (%)	1,16	3,49	0,09	0,06
P (%)	0,12	0,37	0,005	0,004
K (cmol/kg)	0,54	0,78	0,23	0,18
Mg (cmol/kg)	1,10	1,69	1,91	1,64
Ca (cmol/kg)	0,26	0,13	1,80	1,43
S (%)	0,06	0,36	0,03	0,01
CO (%)	25,47	28,68	1,24	1,72
MO (%)	50,69	58,14	2,76	1,75
C/N	21,95	8,21	<u>13,77</u>	<u>28,66</u>

NB : pH:potentiel hydrogène, N : azote, P : phosphore, K : potassium, Mg : magnésium, Ca : calcium, S : soufre, CO: Carbone organique, MO : Matière organique

3.1.1.4. Détermination de la significativité des différents facteurs sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Une analyse multivariée de la variance a été effectuée pour évaluer l'effet global des fertilisants, de la variété de maïs, de l'année de culture et de la localité et leur interaction sur les paramètres agromorphologiques (Tableau VIII). Ce test a montré que l'année de culture et la variété de maïs n'ont eu aucune influence sur les paramètres étudiés. Cependant, les autres facteurs tels que le type de fertilisants et la localité et leur interaction ont impacté très significativement les paramètres agromorphologiques ($P < 0,001$). Aussi, quelle que soit l'année d'essai et la variété de maïs, la tendance générale pour la majorité des variables analysées ne change pas. En conséquence, toutes les valeurs ont été combinées et seules les moyennes suivies de celles des interactions sont présentées. Par ailleurs seules les données des années 2020-2021 ont été analysées car durant l'année 2019 la parcelle a été dévastée par les bœufs. Cependant les cultures ont été effectuées à la grande saison des pluies (mars à juillet) et petite saison de pluies (septembre à novembre) de chaque année.

Tableau VIII : Résultats des tests multivariés de significativité de différents facteurs sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Facteurs	Statistiques	
	F	P
Fertilisants	451.60	<0,001
Variétés	68.05	0,08
Année	40.32	<0,054
Localité	73.78	<0,001
Année* localité	4.86	<0,001
Fertilisants *variété	125.91	<0,001

F : Statistique de Fischer- Snedecor, **P** : probabilité au seuil de 5 % de ressemblance.

3.1.1.5. Effet des fertilisants sur les paramètres agromorphologiques du maïs

La fertilisation a eu un effet hautement significatif sur les 12 paramètres agromorphologiques du maïs que sont la hauteur de la plante, la longueur de l'entrenœud, la circonférence du collet, le nombre de feuilles, le nombre d'entrenœud, la longueur de l'épi, la circonférence de l'épi, le nombre de grains par épi, la masse de l'épi sec, la masse de grains secs par épi et le rendement. Les valeurs les plus élevées des paramètres agromorphologiques ont été observées au niveau de détritux de sorgho suivi du NPK et de la bouse de mouton. Par contre les valeurs les plus faibles ont été observées au niveau du témoin simple (sans apport de fumure), Tableau IX. L'utilisation des différents fertilisants a occasionné une augmentation des paramètres de croissance et de rendement du maïs. Cela a entraîné un accroissement du rendement de 1,97 à 4,72 t/ha pour le détritux de sorgho de 1,97 à 2,34 t/ha pour le NPK et de 1,97 à 2,05 t/ha pour la bouse de mouton. Par ailleurs le détritux de sorgho s'est montré plus optimisant que les autres fertilisants (Annexe 4 et Annexe 9).

Tableau IX : Effet des fertilisants sur les paramètres agromorphologiques du maïs

	Moyennes ($\pm$ Ecart - types)				Statistiques	
	TS	engrais NPK	BM	DS	F	P
HaPl (cm)	162,90 $\pm$ 8,52 ^c	172,41 $\pm$ 9,95 ^b	163,7 $\pm$ 11,85 ^c	198,6 $\pm$ 18,01 ^a	105,18	<0,0001
LoEn (cm)	13,55 $\pm$ 2,46 ^b	12,96 $\pm$ 0,86 ^c	12,25 $\pm$ 1,81 ^c	17,64 $\pm$ 1,20 ^a	206,62	<0,0001
CiCol (cm)	5,14 $\pm$ 1,15 ^c	6,05 $\pm$ 0,50 ^b	6,61 $\pm$ 0,81 ^b	8,13 $\pm$ 0,95 ^a	120,18	<0,0001
No Fe	12,71 $\pm$ 0,64 ^c	13,90 $\pm$ 0,35 ^b	13,65 $\pm$ 0,51 ^b	14,58 $\pm$ 0,69 ^a	111,4	<0,0001
NoEn	12,81 $\pm$ 0,59 ^c	13,90 $\pm$ 0,35 ^b	13,65 $\pm$ 0,51 ^b	14,56 $\pm$ 0,67 ^a	104,7	<0,0001
HaIE (cm)	55,61 $\pm$ 10,42 ^c	65,90 $\pm$ 9,72 ^b	68,61 $\pm$ 11,12 ^b	83,51 $\pm$ 7,58 ^a	82,87	<0,0001
Lo Ep (cm)	9,11 $\pm$ 1,06 ^c	10,54 $\pm$ 1,32 ^b	8,86 $\pm$ 1,26 ^c	14,81 $\pm$ 1,15 ^a	312,99	<0,0001
Ci Ep (cm)	10,87 $\pm$ 1,15 ^d	12,08 $\pm$ 1,18 ^b	11,31 $\pm$ 1,22 ^c	14,69 $\pm$ 1,07 ^a	129,78	<0,0001
NoGE	209,2 $\pm$ 83,64 ^c	235,3 $\pm$ 26,52 ^b	238,86 $\pm$ 39,3 ^b	402,0 $\pm$ 45,31 ^a	398,33	<0,0001
MS Ep (g)	59,68 $\pm$ 12,62 ^c	70,16 $\pm$ 11,06 ^b	61,36 $\pm$ 9,17 ^c	141,1 $\pm$ 20,18 ^a	470,82	<0,0001
MGsE (g)	44,46 $\pm$ 11,84 ^c	52,76 $\pm$ 11,12 ^b	46,23 $\pm$ 9,87 ^c	106,36 $\pm$ 16,5 ^a	328,92	<0,0001
Rdt (t/ha)	1,97 $\pm$ 0,52 ^c	2,34 $\pm$ 0,49 ^b	2,05 $\pm$ 0,43 ^c	4,72 $\pm$ 0,73 ^a	328,92	<0,0001

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales : Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoF** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; Hauteur d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** et Rendement : **Rdt**

3.1.1.6. Effet de la variété sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Sur l'ensemble des 12 paramètres agromorphologiques, l'influence de la variété a été observée que sur la hauteur de la plante. Les autres paramètres agromorphologiques tels que, la longueur d'entrenœud, la circonférence du collet, le nombre de feuilles, le nombre entrenœud la longueur de l'épi, la circonférence de l'épi, le nombre des grains par épi, la masse de l'épi sec, la masse de grains secs par épi et le rendement n'ont pas varié d'une variété de maïs à une autre (Tableau X). Les rendements ont été statistiquement identiques pour les deux variétés de maïs (2,77 t/ha $\pm$ 1,17 a pour VAR1 et 2,77 t/ha $\pm$ 1,35 a pour V2).

Tableau X : Effet de la variété sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Variables	Moyennes ($\pm$ Ecart - types)		Statistiques	
	V1	V2	F	P
HaPl (cm)	171,22 $\pm$ 16,15 ^b	177,61 $\pm$ 21,36 ^a	6,83	0,0095
LoEn (cm)	14,05 $\pm$ 2,07 ^a	14,14 $\pm$ 2,81 ^a	0,08	0,7779
Ci Col (cm)	6,62 $\pm$ 0,96 ^a	6,34 $\pm$ 1,72 ^a	2,46	0,1178
No Fe	13,80 $\pm$ 0,45 ^a	13,61 $\pm$ 1,14 ^a	2,90	0,0899
No En	13,80 $\pm$ 0,43 ^a	13,65 $\pm$ 1,08 ^a	1,96	0,1623
HaIE (cm)	69,21 $\pm$ 13,89 ^a	67,60 $\pm$ 14,03 ^a	0,79	0,3732
Lo Ep (cm)	10,64 $\pm$ 2,45 ^a	11,03 $\pm$ 2,90 ^a	1,27	0,2596
D épi Ci Ep (cm)	12,14 $\pm$ 2,11 ^a	12,33 $\pm$ 1,60 ^a	0,61	0,4363
T gr NoGE	273,33 $\pm$ 85,36 ^a	269,42 $\pm$ 82,19 ^a	0,13	0,7182
MS Ep (g)	81,75 $\pm$ 35,99 ^a	84,40 $\pm$ 37,13 ^a	0,31	0,5739
MGsE (g)	62,40 $\pm$ 26,43 ^a	62,51 $\pm$ 30,51 ^a	0,001	0,9747
Rdt (t/ha)	2,77 $\pm$ 1,17 ^a	2,77 $\pm$ 1,35 ^a	0,001	0,9747

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales : Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoF** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; Hauteur d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** et Rendement : **Rdt**

3.1.1.7. Effet de l'année de culture sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Hormis la hauteur de la plante, la circonférence du collet, la hauteur d'insertion de l'épi et la masse des grains secs, tous les autres paramètres tels que la longueur de l'entrenœud, le nombre de feuilles, le nombre d'entrenœud, la longueur de l'épi, la circonférence de l'épi, le nombre de grains par épi, la masse de l'épi sec et le rendement n'ont pas montré de différences significatives au cours des deux années de culture (Tableau XI). Globalement les deux années de culture n'ont eu aucune influence sur la production du maïs. Le nombre de grains par épi (294,98 $\pm$ 109,88^a et 297,51 $\pm$ 101,86^a), la masse de l'épi sec (88,47 $\pm$ 41,11^a et 90,68 $\pm$ 47,08^a g), et le rendement (2,27 $\pm$ 47,51^b et 2,16 $\pm$ 39,34^b t/ha) ont été statistiquement similaires en 2020 et 2021. Il est apprécié que les essais que chaque année n'ont pas été réalisés sur la même parcelle.

Tableau XI : Effet de l'année de culture sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Variables	Moyennes ($\pm$ Ecart - types)		Statistiques	
	2020	2021	F	P
HaPl (cm)	175,60 $\pm$ 31,87 ^b	177,58 $\pm$ 30,40 ^a	5,7	0,017
Lo En (cm)	14,81 $\pm$ 2,83 ^b	14,80 $\pm$ 2,72 ^b	480,59	0,891
Ci Col (cm)	6,59 $\pm$ 1,81 ^b	6,81 $\pm$ 2,13 ^a	17,62	<0,001
No Fe	13,94 $\pm$ 1,19 ^b	13,90 $\pm$ 1,02 ^b	1,7	0,195
No En	13,97 $\pm$ 1,20 ^b	13,90 $\pm$ 1,02 ^b	5,1	0,063
HaIE (cm)	18,33 $\pm$ 0,34 ^b	24,37 $\pm$ 0,45 ^a	8,52	0,003
Lo Ep (cm)	11,29 $\pm$ 3,10 ^b	11,40 $\pm$ 4,88 ^b	1,8	0,298
Ci Ep (cm)	12,20 $\pm$ 3,17 ^b	12,13 $\pm$ 3,16 ^b	0,71	0,401
NoGE	294,98 $\pm$ 109,88 ^a	297,51 $\pm$ 101,86 ^a	0,81	0,367
MS Ep (g)	88,47 $\pm$ 41,11 ^a	90,68 $\pm$ 47,08 ^a	3,58	0,058
MGsE (g)	68,30 $\pm$ 36,22 ^a	65,07 $\pm$ 35,02 ^b	11,73	0,006
Rdt (t/ha)	2,27 $\pm$ 47,51 ^b	2,16 $\pm$ 39,34 ^b	1,24	0,155

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales : Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoF** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; Hauteur d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** et Rendement : **Rdt**

3.1.1.8. Effet de la localité sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Les analyses réalisées pour évaluer l'effet de la localité ont montré que tous les caractères analysés ont été influencés par la localité, à l'exception du nombre de feuilles (Tableau XII). Les valeurs les plus élevées de ces caractères ont été observées au niveau de la localité de Bouaké. Ainsi, le nombre de feuilles n'a pas permis de distinguer les deux localités donnant ainsi des valeurs statistiquement identiques ($13,97 \pm 1,12a$ pour Bouaké et $13,90 \pm 1,11a$ pour Katiola).

Tableau XII : Effet de la localité sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Variables	Moyennes ($\pm$ Ecart - types)		Statistiques	
	BOUAKE	KATIOLA	F	P
HaPl (cm)	178,81 $\pm$ 30,04 ^a	174,89 $\pm$ 32,41 ^b	22,6	<0,0001
LoEn (cm)	15,15 $\pm$ 2,76 ^a	14,46 $\pm$ 2,82 ^b	89,6	<0,0001
Ci Col (cm)	6,88 $\pm$ 1,78 ^a	6,61 $\pm$ 2,34 ^b	23,42	<0,0001
No Fe	13,97 $\pm$ 1,12 ^a	13,90 $\pm$ 1,11 ^a	5,8	0,157
No En	14,00 $\pm$ 1,12 ^a	13,91 $\pm$ 1,12 ^b	6,8	0,0090
HaIE (cm)	74,92 $\pm$ 16,97 ^a	71,77 $\pm$ 25,13 ^b	31,03	<0,0001
Lo Ep (cm)	11,70 $\pm$ 2,95 ^a	10,94 $\pm$ 4,90 ^b	50,10	<0,0001
Ci Ep (cm)	12,34 $\pm$ 2,37 ^a	11,98 $\pm$ 3,76 ^b	18,51	<0,0001
NoGE	298,70 $\pm$ 103,73 ^a	292,86 $\pm$ 107,28 ^b	4,41	0,0357
MS Ep (g)	91,00 $\pm$ 47,69 ^a	87,94 $\pm$ 39,85 ^b	6,98	0,0082
MGsE (g)	92,74 $\pm$ 67,64 ^a	89,40 $\pm$ 65,45 ^b	5,47	0,0194
Rdt (t/ha)	3,09 $\pm$ 23,77 ^a	2,97 $\pm$ 19,32 ^b	4,49	0,0237

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales : Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoF** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; Hauteur d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** et Rendement : **Rdt**

3.1.1.9. Effet de l'interaction fertilisation-variété sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Les résultats des tests statistiques relatifs à la fertilisation associée à la variété ont donné une différence significative pour 11 des paramètres agromorphologiques mesurés. Les plus grandes valeurs, quelle que soit la variété, ont été enregistrées au niveau du détrit de sorgho suivi du NPK et de la bouse de mouton. Par contre les valeurs les plus faibles ont été observées au niveau témoin simple pour les deux variétés (Tableau XIII). Les différents fertilisants utilisés ont amélioré nettement les paramètres de croissance et de rendement indépendamment des variétés. Ainsi l'utilisation du détrit de sorgho a augmenté la hauteur de la plante de 164,80 à 208,66cm, le nombre de feuilles de 12,23 à 15,16, la circonférence du collet de 4,33 à 8,84 cm, la masse de grains secs de 38,96 à 110,66 g et le rendement de 173 à 4,89 t/ha.

3.1.1.10. Effet de l'interaction localité-année de culture sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Le Tableau XIV présente l'interaction localité-année de culture sur les paramètres agromorphologiques du maïs. Ce tableau montre qu'il n'existe aucun effet significatif de l'action combinée de l'année de culture et de la localité sur tous les caractères étudiés. Ainsi, les moyennes sont statistiquement identiques.

Tableau XIII : Effet de l'interaction fertilisation-variété sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Variables	VAR1				VAR2				F	P
	TS	engrais NPK	BM	DS	TS	engrais NPK	BM	DS		
HaPl(cm)	161±10,2 ^f	169,0±7,22 ^d	166,3±10,4 ^e	188,6±18,8 ^b	164,8±5,94 ^e	175,8±11,2 ^c	161,2±12,86 ^f	208,6±9,78 ^a	12,54	<0,0001
LoEn(cm)	13,60±0,92 ^c	12,31±1,06 ^d	13,28±1,12 ^e	17,03±1,08 ^b	13,50±0,82 ^e	13,61±0,72 ^c	11,22±1,81 ^e	18,24±1,01 ^a	29,64	<0,0001
CiCol(cm)	5,95±1,04 ^d	6,12±0,47 ^d	7,00±0,71 ^c	7,42±0,69 ^b	4,33±0,51 ^e	5,98±0,52 ^d	6,21±0,70 ^d	8,84±0,57 ^a	53,87	<0,0001
No Fe	13,20±0,40 ^d	14,00±0,26 ^b	14,03±0,18 ^b	14,00±0,26 ^b	12,23±0,43 ^e	13,80±0,40 ^c	13,26±0,44 ^d	15,16±0,46 ^a	100,7	<0,0001
No En	13,20±0,40 ^d	14,00±0,26 ^b	14,03±0,18 ^b	14,00±0,00 ^b	12,43±0,50 ^e	13,80±0,40 ^c	13,26±0,44 ^d	15,13±0,50 ^a	84,0	<0,0001
HaIE (cm)	57,60±10,91 ^d	61,53±9,39 ^d	75,13±9,66 ^b	82,60±8,34 ^a	53,63±9,67 ^e	70,26±8,04 ^c	62,10±8,39 ^d	84,43±6,75 ^a	15,81	<0,0001
LoEp (cm)	9,25±0,96 ^e	10,84±1,25 ^c	8,39±1,14 ^f	14,07±0,91 ^b	8,98±1,15 ^e	10,24±1,33 ^d	9,33±1,22 ^e	15,55±0,86 ^a	11,59	<0,0001
Ci Ep (cm)	10,32±1,04 ^e	12,40±0,94 ^c	10,81±1,15 ^e	15,05±1,01 ^b	11,43±0,98 ^d	11,76±1,32 ^d	11,82±1,09 ^d	14,33±1,02 ^a	13,04	<0,0001
T gr NoGE	200,1±18,39 ^e	239,06±29,41 ^c	251,20±47,11 ^b	402,90±43,02 ^a	218,40±15,68 ^f	231,66±23,17 ^d	226,53±24,66 ^e	401,10±48,22 ^a	4,17	0,0066
MS Ep (g)	62,43±9,65 ^d	67,00±11,29 ^c	59,03±8,88 ^e	138,53±23,17 ^a	56,93±14,67 ^f	73,33±10,03 ^b	63,70±9,00 ^d	143,66±16,68 ^a	2,38	0,0698
MGsE (g)	49,96±9,87 ^e	51,03±11,82 ^d	46,06±8,98 ^f	102,53±17,70 ^b	38,96±11,20 ^e	54,50±10,27 ^c	46,40±10,83 ^f	110,20±14,54 ^a	6,44	0,0003
Rdt (t/ha)	2,22±0,43 ^d	2,26±0,52 ^d	2,04±0,39 ^e	4,55±0,78 ^b	1,73±0,49 ^f	2,42±0,45 ^c	2,06±0,48 ^e	4,89±0,64 ^a	6,44	0,0003

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales : Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoF** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; Hauteur d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** ; et Rendement : **Rdt**

Tableau XIV : Effet de l'interaction année-localité sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Variables	Moyennes ($\pm$ Ecart -types)				Statistiques	
	BOUAKE		KATIOLA		F	P
	2020	2021	2020	2021		
HaPl(cm)	178,06 $\pm$ 31,12 ^a	179,56 $\pm$ 28,90 ^a	173,15 $\pm$ 32,43 ^a	175,50 $\pm$ 31,78 ^a	0,3	0,6048
LoEn(cm)	15,20 $\pm$ 2,73 ^b	15,09 $\pm$ 2,60 ^b	14,42 $\pm$ 2,87 ^b	14,50 $\pm$ 2,80 ^b	1,6	0,2057
CiCol(cm)	6,81 $\pm$ 1,79 ^a	6,95 $\pm$ 1,77 ^a	6,37 $\pm$ 1,80 ^a	6,68 $\pm$ 2,45 ^a	2,54	0,1110
No Fe	13,97 $\pm$ 1,17 ^a	13,97 $\pm$ 1,06 ^a	13,90 $\pm$ 1,21 ^a	13,82 $\pm$ 0,96 ^a	2,2	0,1352
No En	14,00 $\pm$ 1,18 ^a	13,98 $\pm$ 1,07 ^a	13,94 $\pm$ 1,23 ^a	13,82 $\pm$ 0,96 ^a	3,0	0,0813
HaIE (cm)	74,02 $\pm$ 17,73 ^a	75,83 $\pm$ 16,13 ^a	70,85 $\pm$ 18,80 ^a	72,31 $\pm$ 30,61 ^a	0,10	0,7570
LoEp (cm)	11,71 $\pm$ 2,99 ^a	11,69 $\pm$ 2,91 ^a	10,87 $\pm$ 3,15 ^a	11,10 $\pm$ 6,30 ^a	1,48	0,2238
Ci Ep (cm)	12,39 $\pm$ 2,44 ^a	12,29 $\pm$ 2,30 ^a	12,01 $\pm$ 3,75 ^a	11,96 $\pm$ 3,85 ^a	0,13	0,7222
T gr NoGE	297,36 $\pm$ 108,66 ^a	300,4 $\pm$ 98,59 ^a	292,61 $\pm$ 111,07 ^a	294,87 $\pm$ 105,14 ^a	0,01	0,9416
MS Ep (g)	89,81 $\pm$ 40,98 ^a	92,19 $\pm$ 53,56 ^a	87,13 $\pm$ 41,22 ^a	89,10 $\pm$ 39,14 ^a	0,03	0,8604
MGsE (g)	69,24 $\pm$ 36,06 ^a	66,03 $\pm$ 34,17 ^a	67,37 $\pm$ 36,37 ^a	64,06 $\pm$ 35,87 ^a	0,01	0,9574
Rdt (t/ha)	2,30 $\pm$ 67,25 ^a	2,20 $\pm$ 19,22 ^a	2,24 $\pm$ 12,44 ^a	2,13 $\pm$ 19,37 ^a	0,04	0,7883

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales : Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoF** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; Hauteur d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** ; et Rendement : **Rdt**

3.1.1.11. Analyse en composantes principales (ACP) des paramètres agromorphologiques du maïs pour le choix du fertilisant

A travers l'analyse des composantes principales (ACP) réalisée, la figure 16 montre la répartition des variables mesurées en fonction des traitements. Ces variables de rendement sont : la longueur de l'épi, la circonférence de l'épi, le nombre de grains par épi, la masse de l'épi sec, la masse des grains secs par épi. Les axes ont contribué respectivement pour 94,4 % et 99,6 à la variation observée sur la variété 1 et la variété 2. L'analyse permet de constater que trois tendances se dégagent pour les deux variétés. Ainsi pour la variété 1, la matrice de corrélation montre une faible corrélation (0,50) entre les paramètres de rendement étudiés et les traitements bouse de mouton et témoin NPK du groupe A. Le groupe B constitué par le témoin simple est corrélé très négativement (-0,75) à ces mêmes variables alors que le groupe C composé de Détritus de sorgho est corrélé très positivement. Quand variété 2 les mêmes résultats sont observés sauf que le groupe A est constitué des traitements Bouse de Mouton et témoin Simple et le groupe B composé par le témoin NPK. De ce qui précède il est clair que le groupe C composé par le détritrus de sorgho est le plus performant des traitements quelle que soit la variété de maïs car il a été corrélé très positivement par les différents paramètres de rendements étudiés comparativement aux autres traitements.

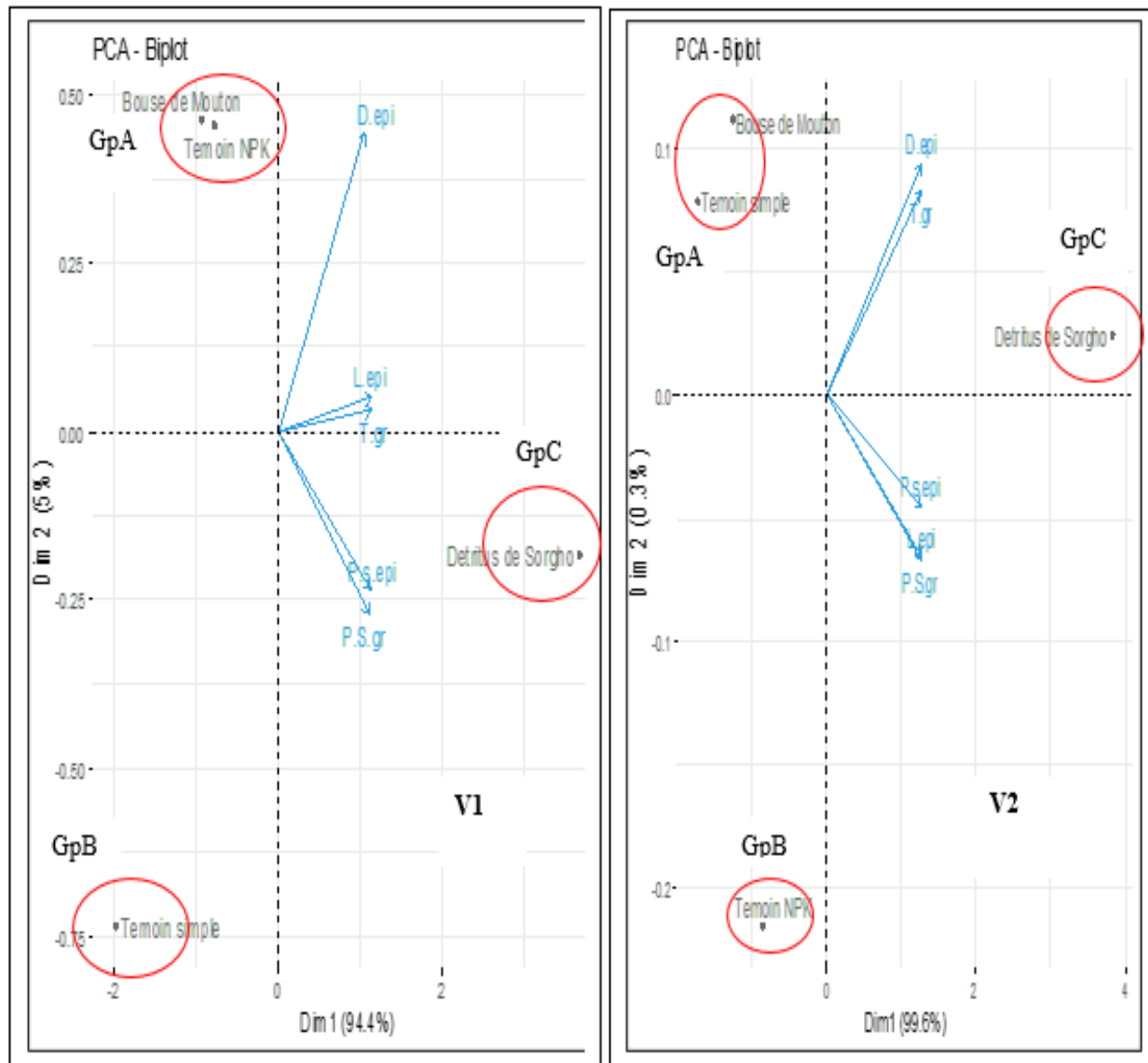


Figure 12 : Répartition des fertilisations en fonction des composantes du rendement respectivement des plantes de la variété 1 et de la variété 2 selon les axes 1 et 2 d'une Analyse en Composantes Principales (ACP). **L épi** : **LoEp** : Longueur de l'épi ; **D épi** : **CiEp** : Circonférence de l'épi ; **T Gr** : **NoGE** : Nombre de grains par épi ; **PS épi** : **MSEp** : Masse de l'épi sec ; **PSGr** : **MGsE** : Masse des grains secs par épi. **Groupe (A)** ; **Groupe (B)** ; **Groupe (C)**

3.1.2. Détermination de la dose de fertilisant et de la densité de semis optimales

Ce chapitre vise à déterminer la dose optimale de détritrus de sorgho et la densité de semis optimale sous lesquelles la production de maïs atteint son optimum dans la région de Bouaké et de Katiola.

3.1.2.1 Détermination de la significativité de différents facteurs sur les paramètres agronomiques du maïs

Exceptée l'année de culture, les résultats des tests multivariés ont indiqué que les facteurs : la densité de semi, la dose de fertilisant et leur interaction sont hautement significatifs ($P < 0,001$) (Tableau XV). Le paysan devra tenir compte de la densité de semis et la dose du fertilisant pour avoir un meilleur rendement car ces facteurs conditionnent la production du maïs. L'étude s'articulera autour de détritrus de sorgho et d'une seule variété de maïs car le précédent chapitre a permis d'identifier le détritrus de sorgho comme le plus performant des fertilisants et aussi la variété de maïs n'a eu aucun effet significatif sur les paramètres agronomiques. Par ailleurs quelle que soit l'année d'essai, la tendance générale pour la dose de fertilisant et la densité de semi analysées ne change pas. En conséquence, toutes les valeurs des différents facteurs étudiés ont été combinées et seules leurs moyennes sont présentées, suivies de celles de leurs interactions.

Tableau XV : Résultats des tests multivariés de significativité de différents facteurs sur les paramètres agronomiques du maïs

Facteurs	Statistiques	
	F	P
Dose	325,13	<0,001
Densité	395,43	<0,001
Année	40,32	0,054
Dose* Densité	50,11	<0,001
Dose* Année	7,34	<0,001
Densité* Année	8,89	<0,001
Dose* Densité* Année	6,53	<0,001

F : Statistique de Fischer- Snedecor, P : probabilité au seuil de 5 % de ressemblance.

3.1.2.2. Effet des doses de fertilisant sur les paramètres agronomiques du maïs

La dose du fertilisant a très significativement ($P < 0,001$) impacté les paramètres de croissance et de rendement du maïs. Ainsi, les tests post-ANOVA ont montré que l'accroissement de la dose du détritrus de sorgho de C 1 à C 3 a entraîné une augmentation de la hauteur des plantes (de 174,81 à 220,67 cm), de la circonférence au collet (de 7,11 à 9,33 cm), du nombre de feuilles (de 13,09 à 15,20), de la masse des grains sec de l'épi (de 84,03 à 141,15 g) et du rendement (de 3,73 à 6,23 t/ha) (Tableau XVI). L'accroissement de la dose de détritrus de sorgho de C 1 à C 3 a amélioré la croissance et le rendement des plants chez le maïs.

Tableau XVI : Effet des doses de fertilisant sur les paramètres agronomiques du maïs

Variables	Moyennes ($\pm$ Ecart - types)			Tests Statistiques	
	C1 (20 t/ha)	C2 (30 t/ha)	C3 (40 t/ha)	F	P
HaPl (cm)	174,81 $\pm$ 29,11c	203,99 $\pm$ 23,99b	220,67 $\pm$ 23,37a	791,5	<0,0001
LoEn (cm)	14,98 $\pm$ 2,49c	16,92 $\pm$ 2,06b	18,82 $\pm$ 1,91a	702,8	<0,0001
Ci Co (cm)	7,11 $\pm$ 1,19c	8,56 $\pm$ 2,52b	9,33 $\pm$ 1,12a	1053,3	<0,0001
No Fe	13,09 $\pm$ 0,68c	14,14 $\pm$ 1,11b	15,20 $\pm$ 0,74a	216,85	<0,0001
No En	13,09 $\pm$ 0,68c	14,18 $\pm$ 1,17b	15,33 $\pm$ 0,75a	88,97	<0,0001
HaIE(cm)	74,20 $\pm$ 12,76c	86,31 $\pm$ 12,76b	99,68 $\pm$ 35,94a	216,85	<0,0001
LoEp (cm)	12,34 $\pm$ 1,86c	14,53 $\pm$ 6,65b	15,80 $\pm$ 4,55a	96,80	<0,0001
CiEp (cm)	12,75 $\pm$ 6,11c	14,14 $\pm$ 1,75b	15,46 $\pm$ 2,03a	88,97	<0,0001
NoGE	353,45 $\pm$ 65,44c	395,05 $\pm$ 52,12b	463,58 $\pm$ 77,52a	617,42	<0,0001
MSEp (g)	107,18 $\pm$ 18,83c	139,59 $\pm$ 55,29b	190,50 $\pm$ 28,42a	259,84	<0,0001
MGsE (g)	84,03 $\pm$ 19,51c	107,05 $\pm$ 19,12b	141,15 $\pm$ 2,63a	512,52	<0,0001
Rdt (t/ha)	3,73 $\pm$ 53,21c	4,77 $\pm$ 1,35b	6,27 $\pm$ 33,17a	289,34	<0,0001

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales : Hauteur de la plante: **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud: **LoEn** ; Circonférence du collet: **CiCo** ; Nombre de feuilles: **NoFe** ; Nombre d'entrenœuds: **NoEn** Hauteur d'insertion de l'épi: **HaIE** ; Longueur de l'épi: **LoEp** ; Circonférence de l'épi: **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** et Rendement : **Rdt**

3.1.2.3. Effet des densités de semis sur les paramètres agronomiques du maïs

Tous les paramètres étudiés ont été significativement ($P < 0,001$) influencés par les différentes densités de semis (Tableau XVII). Ainsi, l'accroissement de la densité de semis (de 33 333 pour D3 à 66 666 plants /Ha pour D1) a entraîné une réduction de la hauteur des plantes (213,15 à 191,43 cm), de la circonférence du collet (de 8,65 à 8,14 cm), du nombre de feuilles (de 14,60 à 12,10) et de la masse des grains sec de l'épi (de 129,35 à 87,26 g). Cependant cette augmentation de la densité semis (de D3 à D1) a provoqué un accroissement du rendement (de 4,31 à 5,81 t/ha). L'accroissement de la densité de semis a entraîné une réduction des paramètres de croissance et une hausse du rendement chez le maïs.

Tableau XVII : Effet des densités de semis sur les paramètres agronomiques du maïs

Variables	Densité de semis			Tests Statistiques	
	D1	D2	D3	F	P
HaPl (cm)	191,43±23,30 ^c	194,67±27,43 ^b	213,15±31,22 ^a	130,5	< 0,001
LoEn (cm)	16,05 ± 2,11 ^c	17,09 ± 2,51 ^b	17,58±2,57 ^a	76,0	<0,001
CiCol (cm)	8,14±2,70 ^b	8,21±1,46 ^b	8,65±1,41 ^a	14,66	<0,001
No Fe	12,01±1,10 ^c	13,81±1,14 ^b	14,60±1,28 ^a	85,4	<0,001
No En	14,12±1,21 ^b	13,82±1,15 ^c	14,66±1,31 ^a	85,8	<0,001
HaIE (cm)	85,05±37,79 ^b	83,85±16,92 ^c	91,28±13,99 ^a	17,96	<0,001
LoEp (cm)	12,69±7,69 ^c	14,77±2,27 ^b	15,21±2,59 ^a	54,67	<0,001
Ci Ep (cm)	12,63±1,73 ^c	14,67±6,15 ^b	15,06±1,99 ^a	81,77	<0,001
NoGE	369,36±66,47 ^c	405,99±82,65 ^b	446,99±78,85 ^a	184,63	<0,001
MS Ep (g)	113,59±22,44 ^c	135,65±25,18 ^b	147,99±59,08 ^a	141,54	<0,001
MGsE (g)	87,26±19,16 ^c	105,58±22,80 ^b	129,35±27,87 ^a	335,84	<0,001
Rdt (t/ha)	5,81± 10,42 ^a	4,69±13,40 ^b	4,31±11,54 ^c	302,62	

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales : Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoF** ; Hauteur d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** et Rendement : **Rdt**.

3.1.2.4. Effet de l'année de culture sur les paramètres agronomiques du maïs

Hormis la hauteur de la plante (HaPl), la circonférence du collet (CiCol) et la hauteur d'insertion de l'épi (HaIE), tous les autres paramètres tels que la longueur de l'entrenœud (LoEn), le nombre de feuilles (NoFe), la longueur de l'épi (LoEp), la circonférence de l'épi (CiEp), le nombre de grains par épi (NoGE), la masse de l'épi sec (MSEp), la masse des grains secs par épi (MGsE) et le rendement (Rdt) n'ont pas montré différence significative au cours des deux années de culture (Tableau XVIII). Globalement les deux années de culture n'ont eu aucune influence sur la production du maïs. Les rendements ont été statistiquement similaires : $2,27 \pm 47,51^b$ t/ha (2020) et $2,16 \pm 39,34^b$ t/ha (2021).

Tableau XVIII : Effet de l'année de culture sur les paramètres agronomiques du maïs

Variables	Moyennes ($\pm$ Ecart - types)		Statistiques	
	2020	2021	F	P
HaPl (cm)	175,60 $\pm$ 31,87 ^b	177,58 $\pm$ 30,40 ^a	5,7	0,017
Lo En (cm)	14,81 $\pm$ 2,83 ^b	14,80 $\pm$ 2,72 ^b	480,59	0,891
Ci Col (cm)	6,59 $\pm$ 1,81 ^b	6,81 $\pm$ 2,13 ^a	17,62	0,021
No Fe	13,94 $\pm$ 1,19 ^b	13,90 $\pm$ 1,02 ^b	1,7	0,195
No En	13,97 $\pm$ 1,20 ^b	13,90 $\pm$ 1,02 ^b	5,1	0,163
HaIE (cm)	18,33 $\pm$ 0,34 ^b	24,37 $\pm$ 0,45 ^a	8,52	0,003
Lo Ep (cm)	11,29 $\pm$ 3,10 ^b	11,40 $\pm$ 4,88 ^b	1,8	0,298
Ci Ep (cm)	12,20 $\pm$ 3,17 ^b	12,13 $\pm$ 3,16 ^b	0,71	0,401
NoGE	294,98 $\pm$ 109,88 ^a	297,51 $\pm$ 101,86 ^a	0,81	0,367
MS Ep (g)	88,47 $\pm$ 41,11 ^a	90,68 $\pm$ 47,08 ^a	3,58	0,158
MGsE (g)	68,30 $\pm$ 36,22 ^a	65,07 $\pm$ 35,02 ^a	11,73	0,106
Rdt (t/ha)	2,27 $\pm$ 47,51 ^b	2,16 $\pm$ 39,34 ^b	1,24	0,205

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales : Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoF** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; Hauteur d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** et Rendement : **Rdt**

3.1.2.5. Effet de l'interaction doses de fertilisant-densités sur les paramètres agronomiques du maïs

En dehors de la hauteur d'insertion de l'épi et sa circonférence, l'interaction (densité de semis-dose de fertilisants) a influencé significativement tous les autres caractères agronomiques du maïs (Tableau XIX). Ainsi, quelle que soit la densité de semis (D1, D2 ou D3), les valeurs des paramètres de croissance augmentent avec la dose de fertilisant. Par exemple à la densité D1, l'accroissement de la dose de fertilisant (de C1 à C3) a entraîné une augmentation de la hauteur des plantes (de 170,39 à 210,39 cm), de la circonférence au collet (de 6,73 à 9,36 cm), du nombre de feuilles (de 13,09 à 15,20), de la masse des grains sec de l'épi (de 74,27 à 115,64 g) et du rendement (de 4,95 à 7,70 t/ha). Il en est de même pour les deux autres densités de semis (D2 et D3). Ainsi, indépendamment de la densité de semis, la dose de fertilisant améliore la croissance et le rendement du maïs. Toutefois, la comparaison des valeurs optimales de chaque paramètre, obtenues à la plus forte concentration de fertilisant (C3) révèle qu'elles augmentent avec la densité de semis. Ainsi, pour la croissance ; la hauteur optimale des plantes a augmenté de 210 à 236 cm et le plus grand nombre de feuilles par plant, de 14,99 à 15,60, la masse des épis s'est accru de 122,9 à 174,18 g. Le rendement global optimal a été obtenu à la moyenne densité. La croissance et le rendement des plantes baissent avec l'augmentation de la densité de semis mais augmentent avec la dose de fertilisant. La plus forte dose (C3) d'engrais induit la meilleure croissance des plants de maïs à la plus faible densité (D3) tandis qu'elle favorise le meilleur rendement à la moyenne densité (D2).

3.1.2.6. Effet de l'interaction doses de fertilisant-année sur les paramètres agronomiques du maïs

Tous les paramètres de croissance et de rendement ont été impactés significativement par l'effet combiné dose de fertilisant-année de culture (Tableau XX). Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées au niveau de la dose C3 et les plus faibles au niveau de la dose C1 quelle que soit l'année de culture. Par ailleurs l'année 2021 a permis une nette amélioration de la croissance et de la production du maïs. L'augmentation des doses de détritiques de sorgho a entraîné un accroissement de toutes variables étudiées au cours des deux années. Ainsi une augmentation de la dose C1 à C2 a entraîné une amélioration du rendement de 3,83 à 4,85 t/ha ; et de la dose C2 à C3 a induit un rendement de 4,85 à 5,44 t/ha. Aussi ces améliorations de rendement ont été similaires au cours de ces deux années d'expérimentation.

Tableau : XIX : Effet de l'interaction densités de semis-doses de fertilisant sur les paramètres agronomiques du maïs

Variables	Moyennes ($\pm$ Ecart -types)									Statistiques	
	D1			D2			D3			F	p
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3		
HaPl (cm)	170,39 $\pm$ 13,5 ^g	193,60 $\pm$ 19,6 ^f	210,39 $\pm$ 15,9 ^d	168,02 $\pm$ 19,70 ^g	200,7 $\pm$ 20,7 ^e	215,22 $\pm$ 17,3 ^c	186 $\pm$ 16,2 ^f	217 $\pm$ 25,5 ^b	236 $\pm$ 26,59 ^a	6,1	<0,0001
LoEn(cm)	15,75 $\pm$ 1,57 ^c	14,74 $\pm$ 1,41 ^d	17,66 $\pm$ 2,15 ^b	14,31 $\pm$ 1,85 ^d	17,95 $\pm$ 1,20 ^b	19,00 $\pm$ 1,39 ^a	14,8 $\pm$ 1,7 ^d	18,1 $\pm$ 1,4 ^b	19,78 $\pm$ 1,45 ^a	157,5	<0,0001
CiCo (cm)	6,73 $\pm$ 1,31 ^d	8,33 $\pm$ 3,98 ^b	9,36 $\pm$ 0,91 ^a	7,09 $\pm$ 1,03 ^c	8,54 $\pm$ 1,24 ^b	9,00 $\pm$ 1,34 ^a	7,52 $\pm$ 1,09 ^c	8,8 $\pm$ 1,27 ^b	9,63 $\pm$ 0,97 ^a	3,28	0,0108
NoFe	13,17 $\pm$ 0,46 ^d	13,90 $\pm$ 0,94 ^c	14,99 $\pm$ 0,92 ^b	12,97 $\pm$ 0,67 ^e	13,46 $\pm$ 1,07 ^d	15,00 $\pm$ 0,27 ^b	13,1 $\pm$ 0,8 ^d	15,6 $\pm$ 0,5 ^b	15,60 $\pm$ 0,71 ^a	66,4	<0,0001
NoEn	13,18 $\pm$ 0,47 ^b	13,86 $\pm$ 0,92 ^b	15, $\pm$ 0,98 ^a	12,97 $\pm$ 0,67 ^c	13,46 $\pm$ 0,30 ^b	15,00 $\pm$ 0,27 ^a	13,1 $\pm$ 0,8 ^b	15,2 $\pm$ 0,68 ^a	15,63 $\pm$ 0,67 ^a	85,6	<0,0001
HaIE (cm)	73,79 $\pm$ 9,13 ^f	82,52 $\pm$ 15,05 ^d	98,89 $\pm$ 60,59 ^b	69,18 $\pm$ 15,73 ^g	84,39 $\pm$ 9,36 ^d	97,99 $\pm$ 10,44 ^c	79 $\pm$ 10,18 ^e	92 $\pm$ 11,14 ^c	102 $\pm$ 10,27 ^a	2,30	0,056
LoEp(cm)	11,05 $\pm$ 1,49 ^f	13,761 $\pm$ 11,3 ^d	13,28 $\pm$ 6,56 ^d	12,88 $\pm$ 1,76 ^e	14,87 $\pm$ 1,11 ^c	16,55 $\pm$ 2,10 ^b	13,8 $\pm$ 1,5 ^d	14,9 $\pm$ 1,58 ^c	17,57 $\pm$ 2,24 ^a	7,44	<0,0001
CiEp (cm)	11,53 $\pm$ 1,30 ^f	12,50 $\pm$ 1,45 ^e	13,85 $\pm$ 1,59 ^d	13,39 $\pm$ 10,36 ^d	14,84 $\pm$ 1,13 ^c	15,79 $\pm$ 1,52 ^b	13,3 $\pm$ 1,1 ^d	15,9 $\pm$ 1,3 ^b	16,75 $\pm$ 1,77 ^a	1,92	0,1042
No GE	344,10 $\pm$ 64,4 ^f	351,82 $\pm$ 4,46 ^e	402,3 $\pm$ 66,71 ^d	336,76 $\pm$ 67,68 ^g	390,1 $\pm$ 42,4 ^e	422,9 $\pm$ 59,37 ^b	369 $\pm$ 56,1 ^f	434 $\pm$ 32,1 ^c	516 $\pm$ 59,23 ^a	40,4	<0,0001
MSEp (g)	96,50 $\pm$ 16,59 ^f	121,3 $\pm$ 19,08 ^d	122,9 $\pm$ 20,84 ^d	111,26 $\pm$ 17,92 ^e	141 $\pm$ 16,48 ^c	154,3 $\pm$ 18,32 ^b	113,7 $\pm$ 1,9 ^e	156 $\pm$ 89,8 ^b	174 $\pm$ 18,07 ^a	14,88	<0,0001
MGsE (g)	74,27 $\pm$ 14,89 ^f	91,92 $\pm$ 14,72 ^d	115,64 $\pm$ 20,1 ^d	85,72 $\pm$ 17,72 ^e	106,5 $\pm$ 4,50 ^c	124,47 $\pm$ 16,8 ^b	99 $\pm$ 21,1 ^d	122 $\pm$ 16,1 ^b	153 $\pm$ 17,10 ^a	47,60	<0,0001
Rdt(t/ha)	4,95 $\pm$ 12,24 ^f	6,12 $\pm$ 15,94 ^d	7,70 $\pm$ 44,78 ^d	3,80 $\pm$ 45,51 ^e	4,68 $\pm$ 21,66 ^c	5,53 $\pm$ 67,79 ^b	3,3 $\pm$ 88,5 ^d	4,9 $\pm$ 44,7 ^b	5,10 $\pm$ 32,63 ^a	43,11	<0,0001

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales. Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoFe** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; Hauteur d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** ; Poids sec et Rendement : **Rdt** . Densité : **D1** (66 666plants/ha), **D2** (44 444 plants /ha), **D3** (33 333plants /ha), Doses : **C1** (20 t/ha), **C2** (30 t/ha) et **C3** (40 t/ha)

Tableau XX : Effet de l'interaction doses de fertilisant-année sur les paramètres agronomiques du maïs

Variables	Moyennes ($\pm$ Ecart-type)						Statistiques	
	2020			2021			F	P
	C1	C2	C3	C1	C2	C3		
HaPl (cm)	174.18 $\pm$ 19.80c	204.18 $\pm$ 25.74b	221.13 $\pm$ 25.11a	175.44 $\pm$ 17.30c	203.43 $\pm$ 22.09b	220.12 $\pm$ 21.55a	31617	<0,001
LoEn(cm)	15.05 $\pm$ 1.89c	16.87 $\pm$ 2.20b	18.82 $\pm$ 2.05a	14.91 $\pm$ 1.77c	16.98 $\pm$ 1.92b	18.80 $\pm$ 1.75a	280.27	<0,001
CiCo (cm)	7.15 $\pm$ 1.24d	8.26 $\pm$ 1.34c	9.32 $\pm$ 1.12a	7.07 $\pm$ 1.14d	8.86 $\pm$ 3.27b	9.33 $\pm$ 1.11a	126.16	<0,001
NoFe	13.07 $\pm$ 0.73d	14.15 $\pm$ 1.23c	15.31 $\pm$ 0.67a	13.10 $\pm$ 0.62d	14.13 $\pm$ 0.98c	15.09 $\pm$ 0.80b	425.60	<0,001
NoEn	13.08 $\pm$ 0.74d	14.23 $\pm$ 1.32c	15.54 $\pm$ 0.62a	13.10 $\pm$ 0.62d	14.13 $\pm$ 0.99c	15.11 $\pm$ 0.80b	467.39	<0,001
HaIE (cm)	72.20 $\pm$ 12.1c7	86.57 $\pm$ 13.87b	99.85 $\pm$ 12.46a	76.20 $\pm$ 13.03c	86.08 $\pm$ 11.54b	99.54 $\pm$ 49.27a	88.157	<0,001
LoEp(cm)	12.48 $\pm$ 1.88c	14.20 $\pm$ 1.78b	15.75 $\pm$ 2.88a	12.20 $\pm$ 1.83c	14.87 $\pm$ 9.23ab	15.84 $\pm$ 5.76a	39.53	<0,001
CiEp (cm)	12.81 $\pm$ 6.09c	14.19 $\pm$ 1.76b	15.57 $\pm$ 1.98a	12.69 $\pm$ 6.14c	14.09 $\pm$ 1.74b	15.35 $\pm$ 2.07a	35.77	<0,001
No GE	352.36 $\pm$ 67.83c	395.94 $\pm$ 60.77b	479.68 $\pm$ 87.97a	354.53 $\pm$ 63.03c	394.40 $\pm$ 41.93b	467.37 $\pm$ 64.88a	248.56	<0,001
MSEp (g)	107.94 $\pm$ 19.99d	137.35 $\pm$ 22.91c	151.30 $\pm$ 30.56a	106.42 $\pm$ 17.58d	141.80 $\pm$ 74.69bc	149.65 $\pm$ 26.10ab	104.58	<0,001
MGsE (g)	86.30 $\pm$ 21.16c	109.32 $\pm$ 21.33b	122.58 $\pm$ 28.05a	81.75 $\pm$ 17.43c	104.76 $\pm$ 17.67b	119.67 $\pm$ 25.08a	210.08	<0,001
Rdt(t/ha)	3,83 $\pm$ 1.12e	4,85 $\pm$ 0,59c	5,44 $\pm$ 0.32a	3,63 $\pm$ 1.11f	4,65 $\pm$ 0.09d	5,31 $\pm$ 0.15b	78,65	<0,001

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales. Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet: **CiCo** ; Nombre de feuilles: **NoFe** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; Hauteur d'insertion de l'épi: **HaIE** ; Longueur de l'épi: **LoEp** ; Circonférence de l'épi: **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** ; Poids sec et Rendement : **Rdt** . Densité : **D1** (66 666plants/ha), **D2** (44 444 plants /ha), **D3** (33 333plants /ha), Doses : **C1** (20 t/ha), **C2** (30 t/ha) et **C3** (40 t/ha)

3.1.2.7. Effet de l'interaction année-densité sur les paramètres agronomiques du maïs

L'interaction année-densité a influencé significativement tous les paramètres agronomiques (Tableau XXI). Aussi les valeurs des paramètres observées montrent que l'année 2021 a été plus productive que celle de 2020. Aussi quelle que soit l'année de culture, excepté le rendement, l'augmentation de la densité de semis D3(33 333plants /ha) à D1(66 666plants/ha) a induit une réduction de tous les paramètres agronomiques. Cependant une réduction de la densité D1(66 666plants/ha) à D3(33 333plants /ha) de semis a entraîné une amélioration de tous les paramètres exceptés le rendement.

3.1.2.8. Effet de l'interaction Dose -Densité-Année sur les paramètres agronomiques du maïs

Quelles que soient les densités de semis, l'augmentation de la concentration du détritrus de sorgho de C1 (20 t/ha) à C3 (40 t/ha) a provoqué une amélioration de tous les paramètres agronomiques du maïs indépendamment de l'année de culture. Les valeurs des paramètres agronomiques enregistrées au cours des deux années d'essai ont été statiquement identiques (Tableau XXII). Au cours de l'année de culture 2020 pour l'interaction dose de fertilisant-densité D3-C3, le rendement ($4,80 \pm 0,33a$ T/ha) a été de statistiquement similaire à celui de 2021 de ($4,78 \pm 1,04a$ t/ha).

Tableau XXI : Effet de l'interaction année-densité sur les paramètres agronomiques du maïs

Moyennes (± Ecart-type)								
Variables	2020			2021			F	P
	D1	D2	D3	D1	D2	D3		
HaPl (cm)	191,8±25,9b	194,34±28,2b	213,30±32,7a	191,01±20,2b	194,99±26,64b	213,00±29,6a	52,26	<0,001
LoEn(cm)	16,04±2,1c	16,98±2,56b	17,72±2,69a	16,05±2,09c	17,19± 2,47b	17,45±2,43ab	31,30	<0,001
CiCo (cm)	7,9±1,5d	8,21±1,52cd	8,62±1,44ab	8,37±3,49abc	8,21±1,39bcd	8,68±1,38a	7,89	<0,001
NoFe	14,15±1,1b	13.80±1.29c	14.58±1.32a	13.88±1.05c	13.83±0.97c	14.61± 1.24a	36.36	<0,001
NoEn	14.34±1.3b	13.81±1.30c	14.71±1.38a	13.90±1.08c	13.83±0.97c	14.61±1.25a	39.64	<0,001
HaIE (cm)	84.70±16.3c	83.86±18.41c	90.06±15.79ab	85.47±50.89bc	83.85±15.31c	92.50±11.81a	7.53	<0,001
LoEp(cm)	12.22±1.7b	14.98±2.18 a	15.23±2.66a	13.16±1,07b	14.55±2.34 a	15.19±2.52 a	23.57	<0,001
CiEp (cm)	12.80±1.7b	14.72±6.12a	15.05±2.13a	12.46±1.73b	14.62±6.19a	15.06±1.84a	32.93	<0,001
No GE	368,95±77,5c	408,45±89,14b	450,58±84,45a	369,93±53,29c	403,52±75,65b	442,83±72,63a	74,43	<0,001
MSEp (g)	112.62±24.3c	137.02±26.46b	146.94±30.40a	114.61±20.36c	134.28±23.79b	148.98±27.82a	56.92	<0,001
MGsE (g)	89.04±21.5d	107.32±23.90c	121.85±28.09a	85.53±16.28d	103.83±21.53c	116.82±27.44b	138.3	<0,001
Rdt(t/ha)	5,93±1,44a	4,76±0,89c	4,06±1,11 ^e	5,70±0,19b	4,61±,17d	3,89±1.16f	12.15	<0,001

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales. Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoFe** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; Hauteur d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** ; Poids sec ; 1000 grains : **PS 1000gr** et Rendement : **Rdt** . Densité : **D1** (66 666plants/ha), **D2** (44 444 plants /ha), **D3** (33 333plants /ha), Doses : **C1** (20T/ha), **C2** (30T/ha) et **C3** (40T/ha).

Tableau XXII : Effet de l'interaction Dose-Densité-Année sur les paramètres agronomiques du maïs

Moyennes (± Ecart-type)																					
Variables	2020									2021									Statistique		
	D1			D2			D3			D1			D2			D3					
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	F	P	
Ha Pl	167,79	195,	211,8	168,	200,	214,0	185,	216,	237,	172,	191,2	208,	167,2	201,3	216,3	186,	217,6	235,2	147,	<0,0	
	1±	91±	51±	82±	13±	8±	93±	50±	46±	99±	8±	75±	2±	9±	7±	20±	4±	5±	16	001	
	14,43	23,9	15,69	21,8	21,0	19,98	16,9	27,2	29,1	12,2	13,73	16,1	17,30	19,08	14,08	16,3	23,72	23,81			
	g	9	B	9g	7	b	3	2b	6a	2	ef	5bc	g	cd	b	8f	b	a			
Lo En	15,89±	14,6	17,56	14,2	17,7	18,88	14,9	18,1	20,0	15,6	14,80	17,7	14,34	18,11	19,13	14,7	18,02	19,54	177,	<0,0	
	1,61	8±	±	7±	9±	91±	8±	6±	2±	1±	±	5±	±	±	±	9±	±	±	61	001	
	e	1,57	2,19	1,91	1,32	1,61	1,88	1,73	1,51	1,61	1,22	2,11	1,80g	1,05d	1,11b	1,66	1,18d	1,36a			
		g	D	g	d	bc	fg	cd	a	2	g	d				g		b			
CiC o	6,71±	7,72	9,31±	7,26	8,30	9,06±	7,49	8,77	9,60	6,75	8,95±	9,41	6,91±	8,78±	8,93±	7,55	8,84±	9,66±	42,1	<0,0	
	1,44	±	0,75	±	±	1,43	±	±	±	±	5,49	±	0,99g	0,87c	1,24a	±	1,20b	0,90a	3	001	
	i	0,92	Abc	1,05	1,49	abcd	1,08	1,33	1,03	1,17	abcd	1,05	hi	d	bcd	1,11	cd				
		ef		fghi	de		fgh	cd	ab	hi		abc				Efg					
No Fe	13,19±	14,0	15,23	12,9	13,4	15,01	13,0	14,9	15,6	13,1	13,75	14,7	12,99	13,50	15,00	13,1	15,15	15,53	207,	<0,0	
	0,55	5±	±	5±	3±	±	8±	8±0	9±	5±	±	5±	±	±	±	7±	±	±	89	001	
	ghi	1,02	0,61	0,73i	1,43	0,34	0,87	,53c	0,78	0,55	0,83	1,09	0,61i	0,51f	0,18c	0,81	0,61c	0,63a			
		4	bc		fgh	cd	i	d	4a	hi	ef	d		g	d	Ghi		b			

		E																			
No	13,217	13,9	15,85	12,9	13,4	15,05	13,0	15,3	15,7	13,1	13,75	14,8	12,99	13,50	15,00	13,1	15,16	15,53	246,	<0,0	
En	91±	7±	±	5±	3±	±	9±	0±	4±	5±	±	0±	±	±	±	5±	±	99±	79	001	
	0,56	0,99	0,35	0,73i	1,42	0,38	0,86	0,64	0,71	0,36	0,83	1,13	0,61i	0,60f	0,20c	0,80	0,62c	0,60a			
	ghi	e	A		fgh	cd	i	dc	a	hi	ef	d		g	d	Hi		b			
HaI	73,10±	84,4	96,55	67,6	83,9	99,99	75,8	91,3	103,	74,4	80,61	101,	70,70	84,85	95,99	83,4	92,76	101,3	30,1	<0,0	
E	8,92	3±	±	6±	2±	±	4±	5±	00±	7±	±	32±	±	±	±	1±	±	1±	5	001	
	fgh	16,0	13,96	15,3	10,8	11,91	9,85	13,0	10,5	9,31	13,80	8,44	16,03	7,57c	8,31a	9,08	8,79a	9,97a			
		4	Ab	4	7	ab	defg	4bc	3a	efgh	defg	ab	gh	de	b	Cdef	bc	b			
		cde		h	cde		h														
Lo	11,11±	12,8	12,76	13,1	14,8	16,90	13,1	14,9	17,6	10,9	14,71	13,8	12,61	14,85	16,20	12,9	15,04	17,53	22	<0,0	
Ep	1,50	1±	±	5±	9±	±	8±	1±	0±	9±	82±	0±	±	±	±	8±	±	±		001	
	hi	1,50	1,63	1,74	1,11	1,71	1,58	1,76	2,39	1,49i	1,50	9,11	1,74g	1,12b	2,37a	1,59	1,38b	2,08a			
		efghi	Fghi	defg	bcd	ab	defg	bcd	a		cdef	defg	hi	cde	bc	defg	cd				
				h			h									hi					
CiE	11,61±	12,7	14,04	13,5	14,8	15,83	13,2	15,0	15,0	11,4	11,26	11,6	13,25	14,86	15,75	13,3	15,14	14,86	22,3	<0,0	
p	1,27	5±	±	3±	1±	±	7±	2±	2±	5±	±	1±	±	±	±	9±	±	±	5	001	
	ij	1,54	1,41	1,03	1,24	1,39	1,13	1,49	1,49	1,33j	1,33	1,27	1,04f	1,02c	1,65a	1,07	1,14b	1,02c			
		ghij	Defg	defg	cdef	abc	fghi	bcd	bcd		hij	ij	ghi	def	bc	Efgh	cdd	def			
				h																	
No	339,30	348,	419,1	338,	402,	484,2	379,	436,	535,	338,	355,2	406,	335,0	395,5	479,9	379,	432,3	516,5	152,	<0,0	
GE	±	40±	7±	49±	63±	4±	31±	80±	63±	90±	4±	66±	4±	8±	5±	64±	7±	0±	5	001	
	65,96	52,6	84,56	70,5	53,7	73,08	58,6	38,5	63,1	62,8	31,68	40,7	64,23	26,94	41,60	53,4	23,92	53,63			
	g	0	Cd	1	0	b	8	1c	3a	8g	fg	5	g	dc	b	5	c	b			
		g		g	de		Ef				d				Ef						

MS	94,65±	119,	123,7	113,	142,	154,6	115,	149,	175,	98,3	123,2	122,	108,7	140,1	153,9	112,	162,0	172,7	62,7	<0,0
Ep	16,58f	45±	6±	76±	65±	5±	40±	95±	47±	6±	2±	25±	6±	4±	5±	15±	5±	6±		001
		19,7	24,93	19,3	19,2	21,90	17,0	17,7	18,7	16,4	18,28	15,6	16,12	13,17	13,93	17,2	12,40	17,39		
		5d	d	0de	0c	bc	3d	1bc	6a	6ef	d	9d	def	c	bc	7de	ab	a		
MG	74,60±	94,5	97,96	88,9	107,	125,4	95,4	125,	144,	83,9	89,29	93,3	82,52	105,4	123,5	88,7	119,5	142,1	190,	<0,0
sE	16,58h	6±	±	2±	61±	2±	0±	80±	35±	5±	±	5±	±	6±	2±	8±	4±	5±	92	001
g		16,3	23,14	19,6	16,8	19,57	21,5	18,1	18,9	13,0	12,47	16,2	14,98	11,71	13,63	20,2	13,60	15,04		
		0ef	de	3fg	3c	b	0ef	0b	3a	5h	fg	0ef	g	cd	b	6fg	b	a		
Rdt	4,97±	6,30	6,53±	3,95	4,78	5,57±	3,17	4,19	4,80	5,59	5,95±	6,22	3,66±	4,68±	5,48±	2,95	3,98±	4,78±	28,5	<0,0
	1,35h	±	1,12d	±	±	1,58b	±	±	±	±	0,99f	±	1,55g	1,13c	1,17b	±	1,10b	1,04a	5	001
		0,22	e	0,88f	1,25		1,15	1,43	0,33	1,33	g	1,44		d		1,19f				
		ef		g	c		ef	b	a	h	ef					g				

NB : Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales. Hauteur de la plante : **HaPl** ; Longueur de l'entrenœud : **LoEn** ; Circonférence du collet : **CiCo** ; Nombre de feuilles : **NoFe** ; Nombre d'entrenœuds : **NoEn** ; Hauteur d'insertion de l'épi : **HaIE** ; Longueur de l'épi : **LoEp** ; Circonférence de l'épi : **CiEp** ; Nombre de grains par épi : **NoGE** ; Masse de l'épi sec : **MSEp** ; Masse des grains secs par épi : **MGsE** ; et Rendement : **Rdt**. Densité : **D1** (66 666 plants/ha), **D2** (44 444 plants /ha), **D3** (33 333 plants /ha), Doses : **C1** (20 t/ha), **C2** (30 t/ha) et **C3** (40 t/ha)

3.1.3. Détermination de la rentabilité économique de la fertilisation organique du maïs (*Zea mays* L.)

Les chapitres précédents ont montré que le détrit de sorgho issu de la fabrication de *tchapalo* a optimisé significativement le rendement du maïs en tant que fertilisant. Aussi tous les autres facteurs étudiés ont été plus significatifs dans la région de Bouaké que celle de Katiola. Cependant, pour l'adoption d'une telle innovation par les paysans, sa rentabilité financière devra être établie afin de garantir son applicabilité. Ainsi, la présente étude se propose d'évaluer la rentabilité financière de ce fertilisant dans la région de Bouaké.

3.1.3.1. Comparaison des Productions Brutes en Valeur

D'après le tableau XXIII, l'utilisation du détrit de sorgho a entraîné un accroissement du rendement (de 2,30 à 4,72 t/ha) et la productivité brute (de 517 500 à 1 062 000 FCFA) comparativement au traitement (TR). La fertilisation à base de détrit de sorgho a généré la meilleure production brute en valeur monétaire estimée à 1 060 000 FCFA / ha. Ce traitement a permis ainsi une augmentation de la production brute de 2,04 fois par rapport à celle induite par le traitement témoin (TR = NPK+Urée) qui a donné une production brute estimée à 517 500 FCFA / ha.

Tableau XXIII : variation de la production brute entre le traitement de référence (NPK+Urée) et le traitement fertilisant organique (DS)

	TR (NPK+Urée)	Traitement (DS)
Masse maïs graine (g/plant)	42,76	106,36
Rendement maïs graine (t/ha)	2,30	4,72
Productivité Brute (FCFA/ha)	517 500	1 062 000

3.1.3.2. Comparaison des Marges Nettes de production

Le Tableau XXIV présente les Marges Nettes de production générées sous les deux pratiques. Les Marges Nettes consignées indiquent que les deux modes pratiqués sont économiquement rentables ($MN > 0$). Le traitement DS génère une Marge Nette plus élevée (685 000 FCFA / ha) estimée à 3,75 fois par rapport à celle obtenue avec (TR : 250 kg/ha de NPK+100 kg/ha d'Urée), qui est de 182 500 FCFA / ha. Au demeurant, le traitement DS peut

être conseillé aux paysans car économiquement plus rentable avec une marge Nette 3,75 fois plus élevée que celle obtenue par TR.

Tableau XXIV : Marges nettes (FCFA) de production de 2020 à 2021

	T R	Traitement
	(NPK+Urée)	DS
Production Brute (FCFA/ha)	517 500	1 062 000
Coût Net de production (FCFA/ha)	335 000	376 500
Marges Nettes (FCFA/ha)	182 500	685 500

3.1.3.3. Coût Net de l'innovation, Marge Nette de l'innovation et ratio : Marge Nette / Coût Net

Les valeurs Coût Net de l'innovation, Marge Nette de l'innovation et ratio : Marge Nette / Coût Net sont consignées dans le tableau ci-dessous. D'après le tableau XXIII, la nouvelle technologie coûtera 41 000 FCFA de plus aux paysans pour un gain de 503 000 FCFA de surplus contrairement à l'ancienne pratique. Par ailleurs Le ratio Marge Nette / Coût Net montre que, 1 FCFA investi pour le compte de cette nouvelle pratique génère un bénéfice net de 12,12 FCFA et aussi le gain net généré par celle-ci est estimé à 12,12 fois les dépenses qui lui sont associées.

Tableau XXV : coût et bénéfice nets liés à l'utilisation du détritux de sorgho (DS)

	Innovation (DS)
Coût Net de l'Innovation (FCFA/ha)	41 500
Marge Nette de l'Innovation (FCFA/ha)	503 000
Ratio (R) : Marge Nette / Coût Net	12,12

3.2. Discussion

3.2.1. Effet du type de fertilisants, de la variété, de l'année de culture et de la localité sur les paramètres agro morphologiques du maïs

3.2.1.1. Composition chimique des fertilisants organiques et du sol de Bouaké et Katiola avant culture

Les sols de Bouaké et de Katiola avant culture présentent une composition pauvre en azote (0,09 et $0,06 < 0,1$), un taux relativement bas en phosphore (0,005) et déficients en carbone organique et matière organique. Ces quantités insuffisantes en éléments minéraux et organiques auraient provoquer un mauvais développement des plantes des parcelles témoins, entraînant ainsi leur faible rendement (Kaka *et al.*, 2019 ; Chandan *et al.*, 2021 ; Pale *et al.*, 2021).

La composition chimique du détrit de sorgho (pH : 8,97) et de la bouse de mouton (pH : 8,14) a révélé un pH basique et une composition minérale élevée. Le pH basique obtenu serait un bon indicateur pour travailler sur des parcelles mises en culture prolongée basée essentiellement sur la fertilisation minérale. Cette alcalinité leur confère l'aptitude d'être utilisés pour l'amendement des sols acides (Frimpong *et al.*, 2019). Par ailleurs la composition biochimique de ces deux fertilisants organiques a indiqué des taux élevés en carbone organique et en matière organique. Ainsi ces teneurs élevées seraient de bonnes caractéristiques pour exploiter des sols mis en cultures continues. En effet la matière organique améliore les propriétés physico-chimiques des sols ce qui induit des effets directs et indirects sur la croissance et le rendement des cultures (Lima *et al.*, 2009 ; Faisal *et al.*, 2017). Des études menées par (Hubert et Schaub, 2011) sur la fertilisation des sols et l'importance de la matière organique ont montré que la disponibilité des éléments minéraux pour la plante dépend de leur bon entretien car présents dans le sol. Pour entretenir la performance de ce milieu, qui est la principale source de production des cultures, il est essentiel d'alimenter l'ensemble des constituants physiques, biologiques et chimiques (Jeschke *et al.*, 2021). Elle est le principal déterminant de l'activité biologique. La présence de matière organique conditionne la quantité, la diversité et l'activité de la faune et des microorganismes des sols (FAO, 2002). La matière organique et l'activité biologique qui en découlent ont une influence majeure sur les propriétés physiques et chimiques des sols. L'agrégation et la stabilité de la structure du sol augmente avec le contenu en carbone des sols (Razafimbelo, 2005). Le carbone des sols affecte aussi la biodisponibilité des principaux éléments nutritifs (Vargas 2010). Des études réalisées sur la fertilité des ont montré que le carbone organique et la matière organique interviennent comme

un régulateur de la fertilité du sol (Akanza *et al.*, 2003). Dès lors les déchets organiques deviennent une excellente source de nutriments et peuvent être incorporés comme fertilisants. En raison de leur faible teneur en éléments chimiques, ils peuvent être utilisés en grande quantité pour améliorer les caractéristiques physiques et chimiques des sols en toute sécurité (Gomgnimbou *et al.*, 2019). En somme, la fertilisation basée sur le détritux de sorgho et la bouse de mouton dans les conditions décrites dans ce travail, obéit à la loi de la fertilisation dénommée “loi des avances” qui stipule que l’on apporte au sol la quantité d’éléments nutritifs dont la culture est susceptible de prélever avant l’installation de cette culture.

3.2.1.2. Effet des fertilisants sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Le détritux a été très performant comparativement au NPK et à la bouse de mouton. Ce résultat découlerait d’une action favorable des nutriments contenus dans le détritux de sorgho. En effet, la croissance végétative des plantes est positivement corrélée à l’absorption de l’azote, du phosphore et du potassium, en particulier l’azote qui joue un rôle important dans l’augmentation de l’indice et la production foliaire ainsi que l’activité photosynthétique (Eleiwa *et al.*, 2012). Le phosphore est à la base du développement des racines par conséquent en conditionnant une alimentation suffisante et une croissance rapide des plants. Il intervient dans la rigidité des tissus, rendant les végétaux plus résistants à la verse et aux maladies cryptogamiques. Le potassium a favorisé la floraison et le développement des fruits. Il active la photosynthèse et favorise la formation des glucides dans les feuilles et leur accumulation dans les organes de réserve. En réduisant la transpiration, le potassium diminue les besoins de la plante en eau en augmentant sa résistance à la sécheresse (FAO, 2005). Ce résultat serait dû à sa minéralisation. Celle-ci a provoqué une libération importante d’éléments minéraux mis à la disposition des plants de maïs, occasionnant ainsi leur croissance et leur développement harmonieux. Ainsi la synchronisation entre la libération des micronutriments et l’assimilation (utilisation) de ceux-ci par les plants de maïs (Cobo *et al.*, 2002) a entraîné un accroissement des paramètres observés au niveau du détritux que des deux autres fertilisants. En effet, plusieurs comportements sont distingués quant à la phase de minéralisation plus rapide de l’azote organique. L’azote organique des engrais organiques type détritux de sorgho se minéraliserait rapidement par rapport aux autres fumures. Cette observation est confirmée par les résultats analytiques du détritux de sorgho utilisé dans notre étude. Ces résultats ont montré un faible rapport C/N (8,21) de cette fumure par rapport aux autres fumures organiques. En effet, le rapport C/N d’une matière renseigne sur sa vitesse de minéralisation et la faible valeur de ce rapport pourrait traduire la relative rapide minéralisation de l’azote et par conséquent sa

disponibilité (Aké *et al.*, 2018). Le NPK s'est illustré plus performant que la bouse de mouton. Ce résultat s'expliquerait par le fait que les engrais chimiques contiendraient des éléments sous forme minérale et donc directement disponibles pour la plante contrairement à la bouse de mouton. Laquelle bouse de mouton par sa minéralisation lente n'a pas libéré d'éléments suffisants pour couvrir les besoins nutritifs des plantes. Tout ceci apporte une justification de la bonne croissance des plants de maïs observée suite à l'application de la fumure minérale. La faible production des sols témoins peut être attribuée aux facteurs caractéristiques des sols acides : pH acide, toxicité Al et Mg, déficiences en nutriments (Ca, Mg, P, K, B et Zn) (Mulaji, 2011). En plus, sur les parcelles témoins, l'absence d'apports organiques s'accompagne d'une perte en matières organiques et en nutriments, d'une acidification des sols, d'une réduction de la biomasse et de l'activité microbienne et d'une insolubilisation du phosphore. Tout ceci, ensemble, conduirait à la baisse sensible des rendements des cultures (Abou El Majd, 2008). Selon Choudhary *et al.*, (2004) la matière organique améliore la croissance en abaissant le pH de la rhizosphère, ce qui se traduit par une meilleure solubilisation des nutriments et une disponibilité élevée pour les plantes. Aussi, la matière organique qui est une source importante d'éléments minéraux (N, P, K) nécessaires au bon développement de la plante (Christophe, 2004) améliore particulièrement la structure du sol et sa capacité de rétention en eau (Saleh *et al.*, 2003 ; Suganya, 2006). En réponse du niveau de fertilisant utilisé dans cette étude, la tendance générale des paramètres de croissances observée démontre que les parcelles témoins ont présenté les plants de maïs avec une faible vigueur de croissance tant en hauteur, diamètre au collet qu'en nombre de feuille par rapport aux plants situés dans les parcelles ayant reçu les fertilisants organiques que minéral. Ces observations corroborent celles de Adekayode et Ogunkoya (2011).

3.2.1.3. Effet de la variété sur les paramètres agromorphologiques du maïs en fonction des fertilisants

Les paramètres agromorphologiques n'ont pas varié d'une variété à une autre. Ce résultat s'expliquerait par le fait que la variété locale, le violet de Katiola et la variété améliorée s'adaptent mieux aux conditions agropédoclimatiques du milieu. Aussi cette similarité de réponses des deux variétés à l'effet des fertilisants pourrait être due aux caractéristiques génétiques des deux variétés, violet de Katiola et F8128 qui seraient sans doute proches. Nos résultats sont corroborés par ceux de Nyembo *et al.*, (2012). D'après cet auteur, les deux variétés testées ont donné des rendements similaires en réponse à la fertilisation. Ces mêmes résultats ont été constatés par Kidinda *et al.*, (2015) dans la région de Lubumbashi concernant deux

nouvelles variétés de maïs. Cependant nos résultats sont contraires à ceux obtenus par Muwo *et al.*, (2018). Selon cette étude les écarts des rendements observés se justifieraient par les caractéristiques génétiques propres à chaque variété. Dans une autre expérimentation, en zone soudanienne en Côte d'Ivoire, Loopé *et al.*, (2020) ont constaté que le rendement de deux variétés locales de maïs variait en fonction des différents traitements.

L'année de culture n'a eu aucune influence sur les paramètres agromorphologiques du maïs. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les paramètres climatiques (la température et les précipitations) n'ont pas changé de manière significative durant les années d'essai dans chaque localité. Les facteurs environnementaux jouent un rôle important dans la physiologie des plantes (Karikari et Tabona, 2004). La distribution des précipitations durant les années d'expérimentation apparaît suffisante pour les besoins en eau du maïs (Yenesew et Tilahun, 2009). En effet, selon ces auteurs, seul le déficit hydrique influence négativement le rendement en grains du maïs.

3.2.1.4. Effets de la localité sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Les analyses réalisées pour évaluer l'effet de la localité ont montré que tous les caractères analysés ont été influencés par la localité, à l'exception du nombre de feuilles. Les valeurs les plus élevées des caractères ont été observées au niveau de la localité de Bouaké. Deux hypothèses pourraient expliquer l'augmentation de la productivité des plantes à Bouaké qu'à Katiola. Ce sont la composition chimique des sols et la pluviométrie.

Les caractéristiques chimiques des sols de la zone de Bouaké ont été nettement meilleures que celles de Katiola (Soro *et al.*, 2011). En effet, ces auteurs au cours d'étude sur le diagnostic de fertilité du sol au centre-nord de la Côte d'Ivoire ont montré que le sol de Bouaké est plus fertile que celui de Katiola. La présence des éléments majeurs échangeables tels que le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le sodium (Na) a favorisé une bonne activité biologique à Bouaké (C.E.C=12,94) plus qu'à Katiola (C.E.C=5,98). Tous ces éléments minéraux présents ont été disponibles pour les plantes, car ils y sont mieux dissous. Les valeurs faibles des CEC des sols de Katiola ne leur confèrent pas un pouvoir tampon élevé. Cela serait défavorable à une nutrition minérale efficiente du maïs dans cette zone (Kouadio, 2018). Par ailleurs un rapport C/N élevé à Katiola traduit une faible activité biologique des sols dans cette région. Il en résulte une concentration de matière organique mal décomposée ce qui aurait pour conséquence un faible développement des plants à Katiola (C/N=28,66) qu'à Bouaké (C/N=13,77). Le détrit de sorgho serait différent des autres déchets organiques car provient de la fermentation alcoolique. En effet, cette fermentation alcoolique et son aspect granulaire

lui confèrent une minéralisation rapide et une forte teneur en éléments minéraux nécessaires pour le développement harmonieux des plantes de maïs. Cela a contribuerait à l'amélioration du rendement du maïs à Bouaké.

La pluviométrie des deux zones a présenté des valeurs différentes au cours de la période de culture de mars à juillet et de septembre à novembre 2020-2021. Les quantités de pluies tombées au cours de la période d'expérimentation ont été nettement importantes à Bouaké qu'à Katiola. Aussi le démarrage tardif de la saison des pluies à Katiola pourrait porter préjudice à la variété de maïs à cycle long, qui ne pourra pas boucler convenablement son cycle, car la fin de la saison des pluies est plus précoce. Nos résultats sont conformes à ceux réalisés par Kouamé *et al.*, (2020) relative à la variabilité des variétés de Niébé en Côte d'Ivoire. Elle a révélé une importante diversité des caractères agronomiques étudiés en fonction de la zone de culture. Ainsi, la zone de Daloa a présenté les plus faibles valeurs au niveau des caractères agromorphologiques. Selon ces auteurs l'accumulation des réserves dans les graines dépend des facteurs climatiques (Kouassi *et al.*, 2018). Ils expliquent ces résultats par le fait que la zone de Soubré étant située dans le Sud de la Côte d'Ivoire a une pluviométrie plus élevée que celle de Daloa. Pour ces chercheurs, la capacité à remplir les graines serait due à l'efficacité de la mobilisation des assimilés et partant de la capacité des plantes à assurer le remplissage des graines. Le faible poids des graines obtenu à Daloa s'expliquerait probablement par la pauvreté de son sol de culture, ses conditions environnementales défavorables. Les résultats similaires ont été constatés par Kouassi *et al.*, (2018) sur le niébé collecté dans les zones de Biankouma, Daloa, Korhogo et Zuénoula. Les essais ont montré que les accessions de Zuenoula ont présenté les plus faibles valeurs de tous les huit paramètres agronomiques analysés, contrairement aux accessions de Daloa qui ont présenté les valeurs les plus élevées. Ces résultats montrent que les caractères agromorphologiques étudiés ont été influencés par les conditions climatiques. D'autres auteurs comme Hounzinme *et al.*, (2020) ont constaté les mêmes résultats. Ils ont observé que l'analyse de la régression entre les paramètres climatiques et le rendement du maïs a montré que la variabilité des conditions climatiques a eu des effets sur les rendements du maïs. En effet, la croissance du maïs varie aussi en fonction des conditions de milieu. Une température inférieure à 15°C peut induire un ralentissement de la croissance, affecte donc négativement le rendement. Par conséquent, il existe un seuil de température tolérable pour la productivité du maïs. Le maïs est apparu comme la culture la plus vulnérable à la température. L'observation de la pluviométrie et des rendements des cultures pluviales attestent que les années de mauvaise pluviométrie sont globalement suivies d'une baisse de rendements.

3.2.1.5. Effet de l'interaction fertilisation-variété sur les paramètres agromorphologiques du maïs

Les résultats relatifs à la fertilisation associée à la variété ont donné une différence significative sur les paramètres agromorphologiques mesurés. Les plus grandes valeurs, quelle que soit la variété, ont été enregistrées au niveau du détritrus de sorgho.

Ces résultats sont similaires à ceux de Coulibaly et *al.* (2019), pour qui le rendement d'une culture dépendrait des caractéristiques du milieu de culture, du matériel végétal utilisé et des techniques de production appliquées. En effet, le détritrus de sorgho qui est la source d'alimentation constituerait l'environnement immédiat de la plante, mettrait à sa disposition les éléments nécessaires. En admettant que le détritrus de sorgho de par sa richesse en éléments minéraux et matière organique augmente la croissance et la diffusion de ces nutriments aux plantes permettant ainsi une amélioration de la production des cultures. De nombreux travaux dont celui de Kitabala et *al.* (2016) au Congo rapportent également que l'apport de fertilisants organiques induit des variabilités importantes aussi bien au niveau végétatif qu'au niveau du rendement.

Conclusion partielle

L'étude menée a pour but d'évaluer les performances agronomiques des fertilisants sur les paramètres agromorphologiques de deux variétés de maïs : une variété locale (violet de Katiola) et une variété améliorée (F8128), cultivées dans la région centre de la Côte d'Ivoire. Les fertilisants ont amélioré le rendement par rapport aux témoins indépendamment de la variété et de l'année de culture. Le détritrus de sorgho issu de la fabrication de *Tchapalo* s'est nettement distingué des autres fertilisants. Au niveau du rendement, le détritrus de sorgho a permis d'obtenir 4,72 t/ha suivi du NPK 2,34 t/ha et de la bouse de mouton 2,05 t/ha contre 1,97 T/ha quel que soit la variété. Ainsi, au regard des résultats obtenus, l'usage des déchets organiques urbains, précisément ceux issus du détritrus de sorgho provenant de la fabrication du *Tchapalo* pourrait être une alternative intéressante à l'utilisation des engrais de synthèse. Ceci aiderait à réduire les dépenses des paysans, à préserver l'environnement et à garantir la qualité de leur récolte. Certes, le détritrus de sorgho a permis d'obtenir un rendement plus élevé. Cependant, il est possible que la variation des doses de ce fertilisant pourrait entraîner une augmentation du rendement sous une densité de semis optimale. Afin de vérifier cette hypothèse, le prochain chapitre sera consacré à la détermination de la dose optimale de détritrus de sorgho et de la densité de semis optimale sous lesquelles le rendement sera à son optimum.

3.2.2. Effet de la dose de fertilisant, de la densité de semis et de l'année de culture sur les paramètres agronomiques du maïs

3.2.2.1. Effet de la dose de fertilisant sur les paramètres agronomiques du maïs

La dose de fertilisant a très significativement impacté les paramètres de croissance et de rendement du maïs. Ainsi, l'augmentation de la dose du détritit de sorgho a amélioré significativement tous les paramètres morphologiques et de rendement du maïs. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que la forte dose de détritit aurait plus enrichi le sol en éléments nutritifs afin de mieux combler les besoins des plants de maïs qui y étaient cultivés. Cette quantité de fertilisant aurait pu suffisamment couvrir tous les besoins des plants durant tout leur cycle et surtout durant les phases critiques de leur développement. La présence permanente de fertilisant dans le sol, favorise l'activité biologique et améliore son carbone organique ; ce qui aboutit à la régularisation du pH du sol. Elle participe à l'établissement des complexes argilo-humiques permettant l'adsorption, la substitution puis la libération des minéraux indispensables aux plantes. Par ailleurs, Cobo *et al.*, (2002) ont montré que le taux de la décomposition de la matière organique et l'augmentation des rendements étaient étroitement liés à la synchronisation entre la libération des nutriments et leur assimilation par la plante. Le lien étroit entre la dose de matières organiques et le rendement des plantes a déjà été largement démontré par Nyembo *et al.*, (2012). Ces auteurs ont montré qu'une augmentation des doses de fertilisants entraînait une amélioration du rendement des plants de cette Poacée. En effet, en plus de fournir des éléments minéraux, les fertilisants organiques améliorent les propriétés physiques (capacité de rétention des minéraux et de l'eau), chimiques (capacité d'échange cationique), biologiques du sol et également la santé des plantes. Chez certains auteurs comme Bakayoko *et al.*, (2019), l'augmentation des doses des fertilisants organiques a entraîné une augmentation des paramètres agronomiques chez le maïs. Cependant nos résultats sur la dose de fertilisant sont contraires à ceux de Kitabala *et al.*, (2016). En effet, ces chercheurs ont montré au cours de leurs travaux sur la tomate que le rendement a diminué avec l'augmentation de la dose de fertilisant. Cette situation s'expliquerait par la différence des fertilisants organiques, la dose et les plantes utilisées dans notre essai. Selon eux, au-delà de 30 t/ha les éléments minéraux apportés par le fertilisant chimique est au-delà des besoins de la plante et engendrerait un effet d'antagonisme entre les éléments minéraux.

3.2.2.2. Effet de la densité de semis sur les paramètres agronomiques du maïs

Chez le maïs, l'accroissement de la densité de semis (de 33.333 à 66.666 plants/ ha) a ralenti la croissance et le rendement des plants. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que

les fortes densités favorisent la compétition entre les plants de maïs, entraînant une exploitation plus rapide des ressources (eau, nutriments et lumière). La compétition pour les nutriments du sol, la lumière et l'occupation spatiale sont accentuées à ces fortes densités de semis (Kouassi *et al.*, 2017). La réduction des écartements entre les plants crée de plus en plus d'ombre entre eux. De ce fait, leurs feuilles basales de plus en plus privées de lumière n'arrivent plus à participer à la photosynthèse. La quantité de substances élaborées par la plante diminue, la rendant de plus en plus incapable d'initier la formation de nouveaux organes tels que les feuilles. A cet effet, les travaux Djè Bi *et al.*, (2011) ont montré que le rendement et ses composantes chez *Citrullus lanatus* (cucurbité) diminuaient avec la densité de semis des plantes. En effet, la diminution du poids de l'épi et du poids des grains avec l'augmentation de la densité de semis s'expliquerait par une plus grande compétition entre les plants de maïs pour les ressources nutritives du sol disponibles. L'accroissement de la productivité du maïs avec l'écartement des pieds, pourrait ainsi être attribué au fait qu'à faibles densités, la plante peut facilement se développer. Cette croissance se fait avec une faible compétition pour l'acquisition de ces ressources. Cela aurait pour conséquence la formation de gros et grands épis portant de lourds grains. Chez le gombo (*Abelmoschus caillei*), les travaux de Kouassi *et al.*, (2017) ont montré que la densité de semis influence significativement la croissance des plantes. Cependant, nos résultats sont contraires à ceux observés chez Taffouo (2008) au Cameroun. En effet, ce chercheur a remarqué que la hauteur des plants et le rendement du niébé (*Vigna unguiculata*) étaient significativement plus élevés à très forte densité (250000 plants /hectare) qu'à faible densité (27777,77 plants/hectare). Ceci se justifie par le fait qu'en dépit de la compétition entre les plantes sur les parcelles à fortes densités (Zamir *et al.*, 2011) et de la compétition en nutriment (Sangakkara *et al.*, 2004), le rendement obtenu est la somme des productions individuelles. Le rendement élevé obtenu sur les parcelles à forte densité se justifierait ainsi par l'optimisation de l'utilisation du sol et des ressources environnementales par la culture. Eman (2001) estime que le rendement élevé du maïs sur les parcelles à forte densité est généralement dû au nombre élevé d'épis par ligne et au nombre élevé de rangées de graines par épi. En outre, Nyembo (2010) justifie cette augmentation par le fait que la densité de semis est aussi une composante clé du rendement, étant donné que le rendement obtenu est la somme des productions individuelles. Muoneke *et al* (2007) ont indiqué que la densité de semis affecte moins le cycle végétatif du maïs. D'autres études ont montré ainsi que la densité de plantation est un facteur clé pour l'atteinte d'un rendement élevé (Akbar *et al.*, 2002 ; Mojtaba *et al.*, 2012). Des résultats similaires ont été obtenus par Moradpour *et al.* (2013) dans une étude orientée vers l'évaluation des effets de la date et de la densité de semis sur le rendement du riz

en Iran. Pour ces auteurs, l'augmentation de rendement du riz est associée à celle de la densité de semis et le rendement le plus élevé (6403 kg/ha) a été obtenu à la forte densité de 68 plants/m².

3.2.2.3. Effet de l'interaction dose de fertilisant-densité sur les paramètres agronomiques du maïs

La croissance et le rendement des plantes diminuent avec la densité de semis mais augmentent avec la dose de fertilisant. La plus forte dose (C3) d'engrais induit la meilleure croissance des plants de maïs à la plus faible densité (D3) tandis qu'elle favorise le meilleur rendement à la moyenne densité (D2). La croissance et le rendement des plantes diminuent avec la densité de semis mais augmentent avec la dose de fertilisant. La plus forte dose (C3) d'engrais induit la meilleure croissance des plants de maïs à la plus faible densité (D3) tandis qu'elle favorise le meilleur rendement à la moyenne densité (D2). En effet les plus fortes valeurs obtenues avec l'interaction D3-C3 se justifieraient par le fait que l'augmentation de la dose de fertilisant a auraient fourni suffisamment d'éléments nutritifs aux plantes pour couvrir leurs besoins. Couplée à la réduction de la densité, elle occasionnerait un apport d'éléments minéraux suffisants pour couvrir les besoins de croissance et de développement de moins de plantes tout en évitant une compétition intraspécifique. Cependant les faibles performances des paramètres enregistrées au niveau de l'interaction D1-C1 supposent qu'en augmentant la densité combinée à la diminution des doses, plus de plantes ont été mobilisées pour tirer profit de peu d'éléments minéraux assimilables. Cela a entraîné une compétition entre les plants avec pour conséquence une faible croissance et productivité du maïs.

3.2.2.4. Effet de l'interaction Dose-Densité-Année sur les paramètres agronomiques du maïs

Quelles que soient les densités de semis, l'augmentation de la concentration du détritux de sorgho de C1 à C3 a provoqué une amélioration de tous les paramètres agronomiques du maïs indépendamment de l'année de culture. Les valeurs des paramètres agronomiques enregistrées au cours des deux années d'essai ont été statiquement identiques. Au cours de l'année de culture 2020 pour l'interaction dose de fertilisant-densité D3-C3, le rendement ($4,80 \pm 0,33a$ t/ha) a été de statistiquement similaire à celui de 2021 de ($4,78 \pm 1,04a$ t/ha). Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que les paramètres climatiques (la température et les précipitations) n'ont pas changé de manière significative durant les deux années d'essai dans chaque localité. La distribution des précipitations durant ces deux années d'expérimentation apparaît suffisante pour les besoins en eau du maïs (Yenesew & Tilahum, 2009). En effet, le

rendement est lié à la quantité et à la qualité des pluies allant du semis à la récolte (pluies utiles). Ces pluies sont dites utiles car elles interviennent dans le cycle normal des plants de maïs. En effet la bonne répartition des pluies aurait entraîné une minéralisation progressive du détritux de sorgho. Par ailleurs une autre hypothèse pourrait justifier ces résultats. Celle de l'apport de dose suffisante de détritux de sorgho libérant progressivement les éléments minéraux pour couvrir les besoins des plants chaque année. A cela on pourrait ajouter la densité de semis D3 qui a permis aux plants de maïs de ne pas rentrer en compétition pour la recherche de la lumière, de l'eau et des éléments nutritifs mais plutôt de pouvoir exprimer les potentiels. Ces résultats corroborent ceux d'autres auteurs qui ont affirmé que les facteurs environnementaux jouent un rôle important dans la physiologie des plantes lors de leurs études réalisées sur le *Vigna subterranean* au Botswana (Karikari *et al.*, 2004).

Conclusion partielle

Cette étude visait à évaluer l'effet de la fertilisation par le détritux de sorgho et de la densité de semis sur les performances agronomiques (croissance et rendement) du maïs. Elle a montré que les caractéristiques agronomiques du maïs sont optimisées à l'apport de 40 t/ha de détritux de sorgho et à la densité de semis de 33 333 plantes/ha soit 3,33 plantes/m². Dans le contexte de promotion d'une agriculture respectueuse de l'environnement, la fertilisation organique est une source importante d'éléments nutritifs et peut être utilisée pour relever la productivité des sols. L'utilisation des fertilisants organiques issus des déchets organiques urbains présentent un intérêt double : l'amélioration de productivité des plantes, et la gestion rationnelle des déchets organiques améliorant ainsi le cadre de vie des populations.

3.2.3. Détermination de la rentabilité économique de la fertilisation organique du maïs (*zea mays* L.)

L'analyse économique a montré que la fertilisation à base de détritux de sorgho a généré la meilleure production brute en valeur monétaire estimée à 1 060 000 FCFA / ha. Ce traitement a permis ainsi une augmentation de la production brute de 2,04 fois par rapport à celle induite par le traitement en milieu paysan conseillé par l'ANADER qui est estimée à 517 500 FCFA / ha. Cette innovation (DS) peut être conseillée aux paysans car économiquement plus rentable avec une marge Nette 3,75 fois plus élevée que celle obtenue par TR. Aussi cette nouvelle technologie coûtera 41 000 FCFA de plus aux paysans pour un gain de 503 000 FCFA de surplus contrairement à l'ancienne pratique. Par ailleurs Le ratio Marge Nette / Coût Net a montré que, 1 FCFA investi pour le compte du détritux de sorgho génère un bénéfice net de 12,12 FCFA. En effet, le résultat obtenu avec le détritux de sorgho serait dû à sa richesse chimique et sa

vitesse de libération en éléments minéraux. Ainsi sa richesse et sa libération plus importante en éléments minéraux a induit chez les plants de maïs un développement important en augmentant le rendement de près de 4,72 contre 2,30 t/ha pour le témoin de référence (TR). Alors ce rendement élevé induit par le détrit de sorgho a permis d'amortir le coût de l'investissement et surtout de couvrir les charges additionnelles liées à son achat, son transport et l'épandage. Ce qui a permis de réaliser un surplus de bénéfice net important. En plus, du fait de son acquisition et son utilisation plus facile en milieu rural, le détrit de sorgho serait bien une technologie à vulgariser dans la zone d'étude. De plus cette innovation coûtera aux paysans seulement que 41000 des frais additionnels pour un bénéfice net additionnel de 503 000 FCFA. Quant au traitement de référence (250Kg/ha NPK+ 100Kg/ha Urée) bien qu'économiquement rentable serait une technologie moins conseillée car ayant une marge Nette 3,75 fois moins élevée que la nouvelle technologie (DS). Ce rejet pourrait se justifier par le coût exorbitant des engrais minéraux. Certains auteurs ont montré que ce type de traitement n'était pas à conseiller au regard surtout des dépenses d'acquisition des engrais minéraux, comme l'affirmaient Kherallah *et al.*, (2002) et Kelly (2006). Selon eux l'utilisation des engrais de synthèse en Afrique est faible, particulièrement à cause de leur coût élevé, en raison de leur production à l'étranger, des quantités unitaires et des coûts élevés du transport. Aussi sur des sols ferrallitiques particulièrement sableux, les éléments apportés par l'engrais n'ont qu'un effet à court terme. Ainsi, ces éléments nutritifs apportés par les engrais chimiques au sol sont vite lessivés et ne profitent que partiellement aux pieds de maïs. Nos résultats sont proches de ceux d'une étude semblable réalisée par Mankoussou *et al.*, (2017) dans la Vallée du Niari, République du Congo. Selon cet auteur l'innovation a procuré un Bénéfice net (309.750 FCFA) le plus élevé de tous les fertilisants.

Conclusion partielle

La présente étude a été initiée en vue d'une évaluation économique de détrit de sorgho sur la culture du maïs dans la région de Bouaké. L'étude a montré que le traitement réalisé avec Détrit de sorgho peut être conseillé aux paysans car économiquement plus rentable avec une marge Nette 3,75 fois plus élevée que celle obtenue par TR. Aussi cette nouvelle technologie coûtera 41 000 FCFA de plus aux paysans pour un gain de 503 000FCFA de surplus contrairement à l'ancienne pratique. Le détrit de sorgho avec un ratio de 12,12, sa composition et son acquisition facile en milieu rural présente un grand potentiel pour améliorer aussi bien les paramètres végétatifs que de rendement du maïs ; ce qui est un atout potentiel

pour les petits agriculteurs de la zone d'étude. Cependant d'autres études sont nécessaires pour quantifier la durabilité de cet effet.

CONCLUSION GENERALE, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Conclusion générale

Cette étude visait la valorisation des déchets organiques urbains au profit d'une agriculture durable respectueuse de l'environnement. Spécifiquement, il a s'agit d'identifier un fertilisant issu des déchets organiques optimisant le plus le rendement du maïs. A cet effet, des investigations ont été entreprises à Bouaké et Katiola (Côte d'Ivoire), zone de production du maïs. En clair, il s'est agi d'évaluer les effets des fertilisants, déterminer la densité de semi et la dose optimale du détritrus de sorgho et d'évaluer sa rentabilité financière. Ainsi l'acquisition de ces données a permis d'orienter les petits producteurs vers le détritrus de sorgho comme alternative aux fertilisants de synthèse pour garantir une meilleure production du maïs. L'évaluation des effets des fertilisants sur les paramètres agromorphologiques des deux variétés de maïs (f8128 et violet de Katiola) a montré que contrairement au type de fertilisant, la variété de maïs n'influence pas les paramètres agromorphologiques. Ainsi, les valeurs les plus élevées ont été observées au niveau de détritrus de sorgho suivi du témoin NPK et de la bouse de mouton. Le détritrus de sorgho s'est nettement distingué des autres fertilisants. L'étude relative à la détermination de la densité de semi et la dose optimale du détritrus de sorgho identifié comme fertilisant a montré qu'excepté le rendement à l'hectare, qui a été meilleur avec la forte densité D1, tous les autres paramètres agronomiques ont augmenté avec la diminution de la densité. Les valeurs les plus élevées ont été observées sur la densité D3. Par ailleurs, l'augmentation des doses de détritrus de sorgho a entraîné une augmentation de tous les paramètres du maïs étudiés. Les valeurs les plus importantes ont été obtenues avec la dose C3 (40T/ha) avec un rendement de 6,27T/ha contre 3,73T/ha pour la faible dose qui est de 20T/ha. Quant à l'analyse de la rentabilité financière, elle a montré que le détritrus de sorgho peut être conseillé aux paysans car économiquement plus rentable avec une marge Nette 3,75 fois plus élevée que celle obtenue par T0. Aussi cette nouvelle technologie coûtera 41 000 FCFA de plus aux paysans pour un gain de 503 000 FCFA de surplus contrairement à l'ancienne pratique.

Recommandations

Sur la base des résultats obtenus, il s'avère nécessaire de faire quelques recommandations aux producteurs de la région du centre et du centre-nord afin d'accroître leur rendement et d'améliorer leurs revenus.

Dans les zones d'étude, les engrais chimiques, très onéreux sont utilisés par les producteurs de maïs. Dans ces conditions, pour augmenter la production et améliorer leurs conditions socio-économiques, devront utiliser désormais le détritrus de sorgho comme

fertilisant. En effet, en plus d'optimiser le rendement du maïs, il est économiquement plus rentable avec une marge Nette 3,75 fois plus élevée que celle obtenue traditionnellement. Aussi cette technologie coutera 41 000 FCFA de plus aux paysans pour un gain de 503 000 FCFA de surplus contrairement à l'ancienne pratique. L'Agence Nationale d'Appui au Développement Rural (ANADER) devrait inscrire dans son programme, l'utilisation du détrit de sorgho comme alternative aux engrais de synthèse dans les systèmes de production agricole afin d'améliorer les sources de revenus des paysans. Toutefois, elle devrait s'appuyer sur les résultats obtenus à grande échelle sur plusieurs champs-écoles afin de faciliter sa vulgarisation.

Perspectives

Les résultats de la présente étude ouvrent de nouvelles voies de recherche sur les fertilisants issus des déchets organiques pour la gestion durable de la fertilité des sols tropicaux et son usage pour optimiser la production des cultures. Le détrit de sorgho appliqué à la dose de 40T/ha et la densité de semi a contribué à optimiser le rendement des deux variétés de maïs les plus cultivées dans la zone du centre et du centre-nord. Par ailleurs ce fertilisant s'est montré économiquement rentable et adoptable par les paysans. Cependant pour sa vulgarisation à grande échelle d'autres études s'avèrent indispensables :

- des investigations pourraient être orientées vers d'autres cultures vivrières comme maraichères.
- une étude agro pédologique mettant en exergue les effets de ces fertilisants organiques sur les propriétés physico-chimiques pourraient être vérifiées
- aussi des études multi locales pourraient être entreprises pour confirmer ou infirmer les résultats obtenus dans la localité de Bouaké et Katiola.

REFERENCES

- Abou El-Magd M.M., Zaki M.F. & Abou-Hussein S.D. (2008). Effect of organic manure and different levels of saline irrigation water on growth, green yield and chemical content of sweet fennel. *Australian Journal of basic and applied sciences*, 2 (1) : 90-98.
- Abuzar M.R, Sadozai G.U., Baloch M.S., Baloch A.A, Shah I.H., Javaid T. & Hussain N. (2011). Effect of plant population densities on yield of maize. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(4) : 692-695.
- Adekayode F.O. & Ogunkoya M.O. (2011). Effets comparatifs du compost organique et des engrais NPK sur la fertilité des sols, le rendement et la qualité de l'amarante dans le sud-ouest du Nigéria. *Revue internationale des sciences biologiques et chimiques*, 5(2) : 490-499.
- Agbaje G.O. & Akinlosotu T.A. (2004). Influence of NPK fertilizer on tuber yield of early and late-planted cassava in a forest alfisol of south-western Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 3 (10) : 547-551.
- Akanvou L., Akanvou R. & Toto K. (2006). Effets des variétés de maïs et de légumineuses dans la lutte contre *Striga hermontica* en zone de savane en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 18(1) : 13-21.
- Akanvou L., Akanvou R., Kouakou C. K., N'da H. A. & Koffi K. G. C. (2012). Evaluation de la diversité agro morphologique des accessions de mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] collectées en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 50 : 3468-3477.
- Akanvou L., Akanvou R., Kouamé A. & Diarrassouba L. (2006). Bien cultiver le maïs en Côte d'Ivoire. Fiche technique-CNRA. Direction des programmes de recherche et de l'appui au développement, 4p.
- Akanza P. & Yoro G. (2003). Effets synergiques des engrais minéraux et de la fumure de volaille dans l'amélioration de la fertilité d'un sol ferralitique de l'ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 15 (3) : 135-144.
- Akanza P. K. & N'GUESSAN E. N. D. (2017). Performances agronomiques et économiques des modes d'associations maïs (*Zea mays* L.)-arachide (*Arachis hypogaea* L.) au nord de la Côte d'Ivoire. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 5(1).

- Akbar H., Miftahullah M.T., Jan A. & Ihsanullah A. (2002). Yield potential of sweet corn as influenced by different levels of nitrogen and plant population. *Asian Journal. Plant Sciences*, 1: 631-633.
- Aké H.T.B., Tra-Bi T. & Dogbo O.D. (2018). “Caractéristiques physico-chimiques des composts à base de sous-produits de ferme de Songon en Côte d’Ivoire”. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1) : 596-609.
- Ameur M., Hamzaoui-Azaza F. & Gueddari M. (2016). Suitability for human consumption and agriculture purposes of *Sminja aquifer* groundwater in Zaghuan (north-east of Tunisia) using GIS and geochemistry techniques. *Environmental geochemistry and health*, 38 :1147-1167.
- Aneeza M.S. (2009). Impacts agronomiques et environnementaux de l’épandage de vinasse et de cendre de charbon/bagasse sur les terres agricoles de l’Île Maurice. Thèse de doctorat, Université d’Avignon, Avignon, France, 172p.
- 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 : 37 Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun, 145p.
- Bahadur B., Rajam M.V., Sahijram L. & Krishnamurthy K.V. (2015), Plant Biology and Biotechnology: Volume I: Plant Diversity, 263 Organization, Function and Improvement, DOI 10.1007/978-81-322-2286-6_10, © Springer
- Baize D. (2000). Guide des analyses en pédologie. 2e édition INRA, France, 257 p.
- 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.
- Bakayoko S., Abobi A.H.D., Konate Z. & Touré N.U. (2019). Effets comparés de la bouse de bovins séchée et de la sciure de bois sur la croissance et le rendement du maïs (*Zea mays* L.). *Agronomie Africaine*, 1(8) : 63-72.
- Barrière Y. (2000). Le maïs fourrage. 1. Origine, évolution, ressources génétiques et méthodes de sélection. *Fourrages*, 162 :107-119.

- Bationo A., Kimetu J., Iker S., Kimani S., Mugenda D., Odendo M., Silver M., Swift MJ. & Sanginda N. (2004). The Africa Net Work for soil biology and fertility . New challenge and apport umites. Managing of nutriment cycles to sustain soil fertility in sub-saharan Africa. *Academy Science Publishers*, 1 :1-23.
- Beauchamp J. (2003). Propriétés des sols. DESS Université de Picardie Jules Verne, Amiens ,France 30p.
- Bennetzen J., Buckler E., Chandler V, Doebley J, Dorweiler J., Gaut B., Freeling M., Hake S., Kellogg E., Poethig R.S., Walbot V. & Wessler S. (2001). Genetic evidence and the origin of maize. *Latin American Antiquity*, 12: 84-86.
- Bermad A. (2004). Elaboration d'une méthodologie de simulation et de prévision des variables climatologiques aléatoires et cycliques par l'analyse en composantes principales. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Alger , Algérie ,164p.
- Bosque-Perez N. A. & Schulthess F. (2000). Le maïs en Afrique occidentale et centrale. Les foreurs des tiges de céréales en Afrique : Importance Economique, Sytématique, Ennemis Naturels et Méthodes de Lutte. Editions Quae 20p.
- Bouzaïene L., Sfaxi L., Baira M. (2011). Densité de puissance et états multi-excités dépendants de la température dans les points quantiques InAs/GaAs. *Journal of Nanoparticle Research*, 1(13) :257-262.
- Brink S. C. (2022). Soil: the stuff of life. *Trends in Plant Science*, 27(8), 731-732.
- Brou Y.T., Akindès F. & Bigot S. (2005) La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles. *Cahiers Agricultures*, 6(14) : 533-540.
- Bruns H.A. & Abbas H.K. (2005). Responses of short-season corn hybrids to a humid subtropical environment. *Agronomy Journal* ,97 : 446-451.
- Carraréto M (2005). Histoire de maïs, d'une divinité amérindienne a ses avatars transgéniques. Edition du CTHS, Paris, 267p.
- Chabalier P., Van K.V. & Macary S H. (2006). Guide de la fertilisation organique à La Réunion. CIRAD, Montpellier, France, 302 p.
- Chaléard J. L. (2003). Cultures vivrières et cultures commerciales en Afrique occidentale : la fin d'un dualisme. L'Afrique. Vulnérabilité et défis, Éditions du Temps, 267-292.

- Chandan S.A., Avadhes P.S., Ravindra N. & Verty P. (2021). Assessments Effect of Nitrogen and Phosphorus on the Phenological and Fruit Characters of Okra (*Abelmoschus esculentus L.*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 10(02): 1918-1925.
- Christophe J. (2004). Bouse : historique, importance et écosystème. Thèse pour le doctorat vétérinaire, Université de Toulouse, 82p.
- Choudhary O.P., Josan A.S., Bajwa M.S. & Kapur M.L. (2004). Effect of sustained sodic and saline-sodic irrigation and application of gypsum and farmyard manure on yield and quality of sugarcane under semi-arid conditions. *Field Crops Research*, 87 (2) : 103-116.
- Ciesielski H. & Sterckeman T. (1997). A comparison between three methods for the determination of cation exchange capacity and exchangeable soils. *Agronomie Africaine*, 25: 9-16.
- Cobo J, Barrios E. & Kaas T.R. (2002). Nitrogen mineralization and crop uptake from surface applied leaves of green manure species on a tropical volcanic –ash soil. *Biologie and Fertility of soil.*, 36 : 87-92.
- Consoli L. (2000). Analyse de la variabilité d'expression et de structure de gènes cibles du facteur de transcription Opaque-2 chez le maïs (*Zea mays L.*). Recherche d'association avec le polymorphisme au locus O2. Thèse de doctorat, Université Paris XI (Paris, France), 101 p.
- Coulibaly D., Sissoko F. & Doumbia S. (2017). Evaluation de l'effet de la fertilisation minérale sur la production de variétés améliorées de maïs et le disponible fourrager en zone cotonnière du Mali-Sud (Mali). *Agronomie Africaine*, 2017, 29 (1) : 109-117.
- Coulibaly T. (2009). Répartition spatiale, gestion et exploitation des eaux souterraines : cas du département de Katiola, région des savanes de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université Paris-Est, Paris, France, 134 p.
- Dagnelie P. (1998). Statistique théorique et appliquée (Tome 1). Bruxelles, Belgique : De Boeck et Larcier s.a; 508 p.
- De Boeck E. (2009). Interventions psychothérapeutiques dans les maladies somatiques Accompagner les patients et les proches. Editions, ZECH : 99-124.

- Deffan K. P., Akanvou L., Akanvou R., Nemlin G. J. & Kouamé P. L. (2015). Evaluation morphologique et nutritionnelle de variétés locales et améliorées de maïs (*Zea mays* L.) produites en Côte d'Ivoire. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 11(3) : 181-196.
- Dembélé A. (2000). Mémoire de fin d'études. Le diagnostic participatif « SARS » comme stratégie d'intervention de l'ANADER en milieu paysan. Cas de la direction régionale Centre Nord. Université du Mali, Katiébougou, Mali, 68 p.
- Diallo M.D., Goalbaye T., Mahamat-Saleh M., Sarr P.S., Masse D., Wood S.A., Diop L., Dick R.P., Diop A. & Guisse A. (2017). Effect of major woody species of the Senegalese Great Green Wall on soil N Mineralization and Microbial Biomass. *Bois et Forêts des Tropiques*, 333(3) : 43-54.
- Diby L., Hgaza V., Carski R., Assa A., Tra T., Tschannen A., Girardin O. & Frossard E. (2006). Etude de laboratoire du rendement chez deux espèces d'ignames (*Dioscorea spp.*). Rapport d'activité 2004-2006. Abidjan (Côte d'Ivoire) : Centre Suisse de Recherche , 147p.
- Djè B., Kouamé k., Baudoin J. & Zoro B. (2011). Effet de la saison de culture et la densité des plants sur les adventices et la production de la Cucurbite oléagineuse *Citrullus lanatus* (Thunberg) Matsum et Nakai (Cucurbitaceae). *Sciences et Nature*, 8 : 85-93.
- Dore C. & Varoquaux F. (2006). Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Institut national de la recherche Agronomique, 812 p.
- Douffi K.G.C. (2020). Distribution spatiale et dynamique de la population de palmiers rôniers, *Borassus aethiopum* Mart., par approche de la télédétection et du Système d'Information Géographique (SIG) de la réserve de Lamto (Centre de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 212 p.
- Duby C. & Robin S. (2006). Analyse en composantes principales. Institut National Agronomique, Paris-Grignon, Paris, France 53 p.
- Dugué P., Babo A., Poame A. & Djato K. (2001). Etude de la diversité des situations agricoles de la région de Bouaké. Résultats d'un diagnostic pluridisciplinaire et orientations

- pour la poursuite des recherches. Université de Bouaké, Bouaké, (Côte d'Ivoire). Document multigraphié, 38p.
- Dusserre J. (2001). Incidence d'une réduction de l'éclaircissement sur les ajustements de puits, la répartition des assimilés carbonés et sur les composantes du rendement et la qualité des fibres de coton à l'échelle de l'organe reproducteur du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.). Thèse de Doctorat, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'AIX-MARSEILLE, Marseille, France, 96 p.
- Eichner C., Frost P., Dysvik B., Jonassen I., Kristiansen B. & Nilsen, F. (2008). Salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) transcriptomes during post molting maturation and egg production, revealed using EST-sequencing and microarray analysis. *Bmc Genomics*, 9(1), 1-15.
- Eifediyi E.K. & Remison S.U. (2010). Growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) as influenced by farmyard manure and inorganic fertilizer. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2 (7): 216-220.
- Eleiwa M.E., Brahim S.A. & Moamed M.F. (2012). Combined effect of NPK levels and foliar nutritional compounds on growth and yield parameters of potato plants (*Solanum tuberosum*). *African Journal of Microbiology Research*, 6(24): 5100- 5109.
- Emam Y. 2001. Sensitivity of grain yield components to plant population density in non-prolific maize (*Zea mays*) hybrids. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 71(6):367-370.
- Faisal M., Imran K., Umair A., Tanvir S., Sabir H., Muhammad S., Muhammad A. & Sami U. (2017). Effects of organic and inorganic manures on maize and their residual impact on soil physico-chemical properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2017, 17(1): 22-32.
- FAO (2002). La séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des terres. Rapport sur les ressources en sols du monde. 59 p.
- FAO (2003). Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. Quatrième édition. Rabat, Maroc ,84p.
- FAO (2005). Notions de nutrition des plantes et de la fertilisation des sols. Manuel de formation projet Intrants, Nigéria, 24p.
- Fondio L., Kouamé C., Djidji A. & Traoré D. (2011). Caractérisation des systèmes de culture intégrant le gombo dans le maraîchage urbain, et péri-urbain de Bouaké dans le

- Centre de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(3) : 1178-1189.
- Frimpong ME., Nartey EK., Adjadeh TA., Darko DA., Lawson IYD. and Amoatey CA. (2019) *West African Journal of Applied Ecology*. 27 (2) : 32 – 50.
- Gallais A. (2013). De la domestication à la transgénèse : Evolution des outils pour l'amélioration des plantes, 2013 - Editions Quae, Paris, France, 184p.
- Garba J. & Oyinlola E.Y. (2014). Neem seed cake and inorganic fertilizer amendments for sustained productivity of maize (zea mays) on Nigerian savanna Alfisols. *Journal of Agricultural Economics, Extension and Rural Development*, 2(8): 146-155.
- Giller K., Cadisch G. & Palm C. (2002). The north-South divide: organic wastes or resources of nutrient management. *Agronomy*, 22: 703-709.
- Gomgnimbou A.P., Bandaogo A.A., Kalifa C., Sanon A., Ouattara S. & Nacro H.B. (2019). Effets à court terme de l'application des fientes de volaille sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et les caractéristiques chimiques d'un sol ferralitique dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(4): 2041-2052.
- Goodman M.M. (1977). The races of maize. *Economic Botany*, 31: 204-221.
- Haase R.F. & Ellis M.V. (1987). Multivariate analysis of variance. *Journal of Counseling Psychology*, 34(4), 404.
- Halvorson J., Kim Y., Gill U. & Friskop A. (2021). First report of the southern corn rust pathogen *Puccinia polysora* on *Zea mays* in North Dakota. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 43(2) : 352-357.
- Hassan A.A. (2000). Effect of plant population density on yield and yield components of 8 Egyptian maize hybrids. *Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo*, 51(1): 1-16.
- Héritier K. M., Wasukundi M., Mondo J. M. & Eric K. L. (2023). Incidence de la chenille légionnaire (*Spodoptera frugiperda*) et performances agronomiques de six cultivars de maïs cultivés à Butembo, Nord-Kivu. *Journal of Applied Biosciences*, 184: 19245-19258.

- Hoornweg D. & Bhada-tata P. (2012) What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. Urban Development & Local Government Unit, Banque mondiale, Washington DC, États-Unis, 116 p.
- Hounzinme S.S., Chanhoun C. S. L., Tekla O. & Oumorou M. (2020). Effets de la variabilité climatique sur le rendement de quelques cultures vivrières dans le nord-est du Bénin. *European Scientific Journal*, 12(16) 1857-7881.
- Huber G. & Schaub C. (2011). La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. *Agriculture et terroir, chambre d'agriculture Bas Rhin*.42p.
- Jacques P. & Jobin P. (2005). La fertilisation organique des cultures. Les bases FABQ (Fédération d'Agriculture Biologique du Québec) 25p.
- Jamar, L., Aubinet, M., Culot, M., Magein, H., & Lateur, M. (2009). Evaluation de l'activité biologique du sol en verger biologique et conventionnel. Actes des Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques, ITAB-GRAB, Paris,8 & 9 décembre 2009, 71-74.
- Jeschke M., Diedrick K. & Clover M. (2021). Fertilisation en soufre des cultures Sciences agronomiques. *Pioneer* 3(29) :1-4
- Kaka K.B.K., Moussa M., Maârouhi I.M., Abasse A.T. & Atta S. Bakasso Y. (2019). Effet d'un apport de Di-Ammonium Phosphate sur les paramètres agromorphologiques des écotypes d'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) dans deux zones agroclimatiques du Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(3) : 1596-1612.
- Karam F., Breidy J., Roupheal J. & Lahoud R. (2002). Stress hydrique, comportement physiologique et rendement du maïs hybride (CV Manuel) au Liban. *Cahiers Agriculture*, 11(4) :285-291.
- Karikari S.K. & Tabona T.T. (2004). Constitutive traits and selective indices of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L) Verdc) landraces for drought tolerance under Botswana conditions. *Physics and Chemistry of the Earth*, 29: 1029-1034.
- Kelly V. (2006). Factors affecting demand for fertilizers in sub Saharan Africa. *Agriculture and Rural Development*, 37060 : 1-89.

- Kherallah M., Delagde C., Gabre-Madhin E., Minot N. & Johnson M. (2002). Reforming agricultural markets in Africa. Baltimore, USA, IFRI and Johns Hopkins University Press, USA, 224p.
- KJELDAHL J. (1883). Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Fresenius' Zeitschrift für analytische Chemie* , 22: 366–382. 1883.
- Kidinda L., Kiluba K J , Tshipama T D , Kilumba K.M., Mpoyo M.G., Langunu S., Muteba K.M. & Nyembo K L. (2015). Mise en évidence des doses de fertilisants minéraux à appliquer aux nouvelles variétés de maïs introduites dans la région de Lubumbashi (RD Congo) 2015. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 12 : 96-103.
- Kitabala M., Tshala U., Kasangij K., Mulang T., Kammana N. & Nyembo K. (2016). Intégration et exploitation des arrières effets des fèces humaines pour l'amélioration de la fertilité chimique du sol et de la production de la culture du maïs (*Zea mays L.*) à Lubumbashi R.D Congo). *Journal of Applied Biosciences*, 108 : 10480-10490.
- Konan Kouakou Marius (2021). Optimisation de la production du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) par une gestion durable du sol : cas de l'amendement organique et de l'association culturale manioc- voandzou (*Vigna subterranea* L. Verdc). Thèse de Doctorat, UFR Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 152 p.
- Kouadio N.E, Emmanuel Kassin Koffi K.E, Kouakou B. J., Messoum G.F, Kouamé B. & N'Guessan B.D. (2018). Diagnostic de l'état de fertilité des sols sous culture cotonnière dans les principaux bassins de production de Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 14(33) : 221-238.
- Kouakou C.K., Akanvou L., Konan Y.A & Mahyao A. (2010). Stratégies paysannes de maintien et de gestion de la biodiversité du maïs (*Zea mays* L.) dans le Département de Katiola, Côte-d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 33 : 2100-2109.
- Kouamé A.R., Vei K.N. & Yao N.F. (2017). La production maraichère péri-urbaine a Bouaké : dynamisme des acteurs et fonctions. *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, 1 : 62- 73
- Kouamé N., Beugré M.M., Kouassi N.J., Ekra D.A., Ayolié K. & Yatty K.J. (2020). Effet de la zone de culture et de la densité de semis sur les paramètres agronomiques de trois

- variétés de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp, Fabaceae] cultivées en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 32 (2) : 151 – 158.
- Kouassi D. F., Ouattara D., Coulibaly S. & N'guessan, K. E. (2018). La cueillette, la production et la commercialisation du miel dans le Département de Katiola (Centre-Nord, Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(5), 2212-2225.
- Kouassi N'dri Jacob (2012). Mise au point d'un système cultural optimisé intégrant le pois de terre (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) et le maïs (*Zea mays* L.) en région de savanes arborées de Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, UFR Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 110 p.
- Kouassi N.J., Kouamé N., Koffi M., N'Guessan A. & Yatty J. (2017). Influence du charbon activé de bois et de la densité de semis sur l'évolution de quelques paramètres de croissance et de développement d'une variété de gombo (*Abel moschus caillei*). *Journal of Applied Biosciences*, 11 (4): 1829-1839.
- Kouassi N.J., N'guettia M. Y. & Koffi A.M.H. (2018). Influence de la zone de collecte sur les performances agronomiques de quelques variétés de niébé (*Vigna unguiculata*) cultivées dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Symposium International sur la Science et la Technologie 04 au 08 décembre 2017, Ouagadougou. *Sciences naturelles et appliquées*, 4 :1011-6028.
- Kouassi N.J., Koffi A.M.H., Yah N.M., Kouakou Y.I.J. & Kouadio J.Y. (2017). Influence de la densité de semis sur les paramètres agronomiques de trois variétés de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp, Fabaceae) cultivées en Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 13 (4): 327 – 336.
- Kowaljaw E. & Mazzarino M.J. (2007). Soil restoration in semiarid Patagonia : Chemical and biological response to different compost qualité. *Soil Biology and Biochemistry*, 39 (7) :1580-1588.
- La Hovary C. (2001). Le désherbage mécanique complet dans le maïs, *Zea mays* L. National Library of Canada, Bibliothèque nationale du Canada, Ottawa.
- Lebel T. & Vischel T. (2005). Climat et cycle de l'eau en zone tropicale : un problème d'échelle. *Comptes rendus géosciences*, 337(1-2) : 29-38.

- Lima D.L.D., Santos S.M., Scherer H.W., Schneider R.J., Duarte A.C., Santos E.B.H., & Esteves V.I. (2009). Effects of organic and inorganic amendments on soil organic matter properties. *Geoderma*, 150: 38- 45.
- Longanza L.B., Kidinda L.K., Tamina D.T., Jacob A.T. & Ikatalo M.T. (2015). Valorisation agricole des déchets comme alternative à leur gestion dans les villes d'Afrique subsaharienne : caractérisation des déchets urbains à Lubumbashi et évaluation de leurs effets sur la croissance des cultures vivrières. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 11(2) : 76-84.
- Loopé A.C., Siene M., Conde T.V., N'guetta A.F., Kouadio B. & Bayala R. (2020). Réponse de deux variétés locales de maïs (*Zea mays* L.) à deux types de fertilisation en conditions de déficit hydrique post-floral en zone soudanienne en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and applied Studies*, 29 :443-455.
- Mankoussou M., Mialoundama F. & Diamouangana J. (2017). Evaluation économique de quelques niveaux de fertilisation du maïs (*Zea mays* L. variété Espoir) dans la Vallée du Niari, République du Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 111 : 10894-10904.
- Marijay Z., Mirjana M., Zoricat N. & Milkam V. (2002). Genetic variability and diversity of corn breeding material originating from domestic and foreign populations determined on the basis of biochemical-génetical markers. *Matica Srpska Novi Sad*, 103: 35-45.
- Mojtaba N.K.K., Saied K.K. & Taheri G. (2012). Effects of plant density and variety on some of morphological traits, yield and yield components of baby corn (*Zea mays* L.). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3 (10) : 2009-2014.
- Moradpour S., Roja K., Mehrie B. & Meysam G.K. (2013). Effect of planting date and planting density on rice yield and growth analysis (Fajr variety). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5 (3) : 267-272.
- Mulaji K.C. (2011). Utilisation des composts de biodéchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo). Thèse de Doctorat, Gembroux Agro bio tech, 220p.

- Muoneke C.O., Ogwuche M.A.O. & Bakul B.A. (2007). Effect of maize planting density on the performance of maize/soybean intercropping system in a savannah agroecosystem. *African Journal of Agricultural Research*, 2(12) : 667-677
- Murphy J. & Riley J.P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31 - 36.
- Muwo J.C., Kawanga R., Pamba M., Dishiki E., Mpupu B. & Lasse H. (2018). Evaluation de la production de cinq variétés de piment piquant (*Capsicum* sp.) dans les conditions agro-écologiques du Plateau des Batéké à Kinshasa. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture* ,11 : 44-50.
- Nandjui J., Adja, N. A., Kouadio K. T., N'gouandi M. P. A. & Idrissou, L. (2018). Impact of soil fertility management practices on insect pests and diseases of maize in southwest Cote d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 127: 12809-12819.
- Nkankeu F. (2008). Dschang : la ville et ses déchets ménagers. Visages et défis des principales villes camerounaises, 89p.
- Noufé D. (2011). Changements hydroclimatiques et transformations de l'agriculture : l'exemple des paysanneries de l'Est de la Côte d'Ivoire. Paris : Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 375 p.
- Nuama E. (2006). Mesure de l'efficacité technique des agricultrices de cultures vivrières en Côte-d'Ivoire. *Économie rurale*, 296(6) : 39-53.
- Nyembo K.L. (2010). Augmentation du rendement du maïs par l'exploitation de l'effet hétérosis des hybrides produits au Katanga, République Démocratique du Congo. Thèse de doctorat, Faculté des sciences agronomiques, Université de Lubumbashi, RD Congo.157p.
- Nyembo K.L., Useni S.Y., Chukiyabo K.M., Tshomba K.J., Ntumba N.F., Muyambo M.E., Kapalanga K.P., Mpundu M.M., Bugeme M.D. & Baboy LL. (2013). Rentabilité économique du fractionnement des engrais azotés en culture de maïs (*Zea mays* L.) : cas de la ville de Lubumbashi, sud-est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 65 : 4945 – 4956.
- Nyembo K.L., Useni S.Y., Mpundu M.M., Bugeme M.D., Kasongo L.E. & Baboy L.L. (2012). Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays* L. à

- Lubumbashi, Sud-Est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 59 : 4286-4296.
- N'zoué, Affoué Angèle. Diversité génétique et fonctionnelle des souches de *Bradyrhizobium* impliquées dans les cultures mixtes niébé-soja-arachide/céréales (maïs) en Côte d'Ivoire: Approche méthodologique par analyse multi-locus (MLSA): Étude des effets PGPR sur le maïs. 2008. Thèse de doctorat, Microbiologie -Parasitologie, Université de Montpellier 2, France,199p.
- Ognalaga M., M'Akoué D. M., Mve S. D. M. & Ondo P. (2017). Effet de la bouse de vaches, du NPK 15 15 15 et de l'urée à 46% sur la croissance et la production du manioc (*Manihot esculenta* Crantz var 0018) au Sud-Est du Gabon (Franceville). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 31(3) : 5063-5073.
- Ojeniyi S.O., Adejoro S.A., Ikotun O. & Amusan O. (2012). Soil and plant nutrient composition, growth and yield of cassava as influenced by integrated application of NPK fertilizer and poultry manure. *New York Science Journal*, 5 (9) : 62-68.
- Olive F., Mouquet R. C., Fioroni N., Bichard A., Boulle-Martinaud N., Kaboré C., Denizeau M., Zagré N.M., Le Dain A.S. & Ndiaye N.F. (2020). La filière des farines infantiles produites localement dans six pays sahéliens : Burkina Faso, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal, Tchad. Rapport d'étude, Paris : UNESCO, 164 p.
- Olivier-salvagnac V. & Legagneux B. (2012). L'agriculture de firme : un fait émergent dans le contexte agricole français. *Études rurales*, 190 : 77-97.
- Oura R. K. (2020). Urbanisation, enjeux fonciers et fragilisation de la cohésion sociale dans le périurbain de Bouaké. *Espace Géographique et Société Marocaine*, 41-42.
- O'quinn P.R., Nelssen J.L., Goodband R.D., Knabe D.A., Woodworth J.C., Tokach M.D. & Lohrmann T.T. (2000). Nutritional value of a genetically improved high-lysine, high-oil corn for young pigs. *Journal of Animal Science*, 78 : 2144-2149.
- Ouédraogo E., Mando A. & Zombré, N. P. (2001). Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agriculture, ecosystems & environment*, 84(3), 259-266.
- Pale S, Barro A, Koumbem M, Sere A, Traore H. (2021). Effets du travail du sol et de la fertilisation organo-minérale sur les rendements du mil en zone soudano-sahélienne

- du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2): 497-510.
- Pene C. B., Kouamé D. K., Dove, H. & Boua M. B. (2016). Incidence des infestations du foreur de tiges *Eldana saccharina* (Lepidoptera, Pyralidae) en culture irriguée de canne à sucre selon la variété et la période de récolte en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 102, 9687-9698.
- Pypers P., Vandamme E., Sanginga J.M., Tshibinda T., Walangululu M.J., Merk X.R. & Vanlauwe B. (2010). Kand, MG deficiencies corroborate farmers Know ledge of soil Fertility in the highland of south-Kivu, Democratic Republic of Congo. Mémoire de fin d'étude université Evangélique en Afrique, 59 p.
- Polaszek A. & Delvare G. (2000). Les Foreurs des Tiges de Céréales en Afrique. Importance Economique, Systématique, Ennemis Naturels et Méthodes de Lutte. Cirad CTA : Toulouse, France ; 534 p.
- Pommel B., Gallais A., Coque M., Quillere I., Hirel B., Prioul, J. L. & Floriot, M. (2006). Répartition du carbone et de l'azote et remplissage des grains chez trois hybrides de maïs dont la sénescence foliaire diffère. *Journal européen d'agronomie*, 24(3) : 203-211.
- Quade A., Park R. F., Stodart, B. J. & Ash, G. J. (2022). Urediniospores of *Puccinia sorghi*: pre-and post-cold storage requirements. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 44(5), 737-743.
- Rasoarahoana J. P. (2017). Gestion intégrée de la fertilité du sol: Optimisation du système de fertilisation. Thèse de doctorat, Université d'Antananarivo, Madagascar. 85 p.
- Razafimbelo T. (2005). Stockage et protection de carbone dans un sol ferrallitique sous-systèmes en semis direct avec couverture végétale des Hautes Terres Malgaches. Ecole Nationale Supérieure Agronomique. Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier-AGRO M, 157 p.
- RGPH (2021). Recensement Général de la Population et de l'Habitat ; Répertoire des localités de la région de Go. INS 2021, 30 p.
- Rongead (2020). Diagnostic de la filière maïs en Côte d'Ivoire, Projet « redynamiser la production, l'accès au marché et conseil agricole pour les filières vivrières et commerciale du nord de la Côte d'Ivoire. Rapport, novembre 2013-avril 2014.

- Saberali S.F. (2007). Influence of plant density and planting pattern of corn on its growth and yield under competition with common Lambesquarters (*Chenopodium album* L.). *Pajouhesh and Sazandegi*, 74 : 143-152.
- Saigaa, D., Benoudjit, N., Benmahamed, K., & Lelandais, S. (2005). Authentification d'individus par reconnaissance de visages. *Courrier du Savoir*, 6 :61-66.
- Saleh R.A., Agarwal A., Nada E.A., El-Tonsy M.H., Sharma R.K., Meyer A., Nelson D.R. & Thomas A.J. (2003). Negative effects of increased sperm DNA damage in relation to seminal oxidative stress in men with idiopathic and male factor infertility. *Fertil Steril* : 79 (3): 1597–1605.
- Sangakkara UR, Bandaranayake PSRD, Gajanayake JN, & Stamp P. (2004). Plant populations and yield of rainfed maize grown in wet and dry seasons of the tropics. *Maydica*. 49 :83-88.
- Sangaré M. (2008). Effet de la fertilisation minérale sur la croissance et le développement de 25 variétés de riz pluvial. Rapport de stage de fin de cycle Technicien supérieur ; CAPM (Centre Agricole Polyvalent de Ratroukou). 46 p.
- Sawadogo-Ilboudo, T. C., Guinko A., Nare R. W. A., Zerbo R. M. N. & Boussim, J. I. (2023). Diversité des plantes hôtes de *Cuscuta australis* R. Br dans la ville de Ouagadougou (Burkina Faso). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17(1) : 106-116.
- Sebaa H.S. (2021). Biologie des plantes à intérêts agroalimentaire et industriel. Licence de biotechnologie. Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf (Oran , Algérie).139 p.
- Segda Z., Bonzi M., Gnankambary Z., Lompo F., Sedogo P.S. (2014). Influence of soil fertility management on organic carbon mineralization in irrigated rice. *Journal of Agricultural and Crop Research*, 2(2) : 32-43.
- Siené L.A.C., Condé M., N'guettia T.V.F., Kouadio A.F.B. & Balaya R. (2020). Réponse de deux variétés locales de maïs (*Zea mays* L.) à deux types de fertilisation en conditions de déficit hydrique post-floral en zone soudanienne en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and applied Studies* , 29 :443-455.
- Siené L.A.C., Doumbouya M., Traoré M.S., Condé M., N'Guettia T.V.F. & Koné M. (2020). Effet de quatre types de fertilisants sur la croissance et la productivité de deux

- génotypes de maïs (*Zea mays* L.) en cas d'un semis tardif à Korhogo au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(1) : 55-68.
- Sika A. E., Kadji, B. R. L., Dje, K. M., Kone, F. T. M., Dabonne, S. & Koffi-Nevry, A. R. (2019). Qualité nutritionnelle, microbiologique et organoleptique de farines composées à base de maïs (*Zea mays*) et de safou (*Dacryodes edulis*) produites en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(1) : 325-337.
- Sokal R.R. & Rohlf F.J. (1995). Biometry: the principles and practice of statistics in biological research, Third, New York (USA): W.H. *Freeman and Company*, 887 p.
- Soltner D. (2003). Les bases de la reproduction végétale. Tome I, le sol et son amélioration, 23ème ED Poitiers (France) : *Sciences et techniques Agricoles* ,472p.
- Soro D., Dao D., Girardin O., Angui P., BAKAYOKO S. & Tra B. (2011). Diagnostic de fertilité du sol au centre-nord de la côte d'ivoire. *Agronomie Africaine*, 23 (3): 205
- Suganya S., Sivasamy R., 2006. Moisture retention and cation exchange capacity of sandy soil as influenced by soil additives. *Journal of Applied Sciences Research*, 2: 949-951.
- TaffouoV.D., Etamé J.D.N., Nguelemeni M.L.P., Eyambé YMT, Ayou R.F. & Akoa A., (2008). Effet de la densité de semis sur les croissances, le rendement et les teneurs en composés organiques chez cinq variétés de niébé (*Vigna Unguiculata* LWALP). *Journal of Applied Biosciences*, 12: 623-632
- Tchaniley L., Ayisah, K. D. & Kassa, K.A.D., (2020). Effet de la combinaison des fertilisants organiques et minéraux (NPK 15-15-15 et urée) sur le rendement de la laitue (*Lactuca sativa* L.) dans le sud du Togo. *Journal of Applied Biosciences*, 151(1): 15540-15549.
- Thibord J. B. (2017). Evaluation of crop losses due to pests on maize production in France. In : *Écologie Chimique : nouvelles contributions à la protection des cultures contre les ravageurs* et 11e Conférence Internationale sur les Ravageurs et Auxiliaires en Agriculture, 24 au 26 octobre 2017, Montpellier, France. Association Française de Protection des Plantes (AFPP), 2017, 137-147p.
- Thompson M. N., Medina, R. F., Helms, A. M. & Bernal, J. S. (2022). Improving Natural Enemy Selection in Biological Control through Greater Attention to Chemical

- Ecology and Host-Associated Differentiation of Target Arthropod Pests. *Insects*, 13(2), 160.
- Tognetti R., Lombardi F., Lasserre B. & Marchetti M. (2008). Deadwood in Relation to Stand Management and Forest Type in Central Apennines (Molise, Italy). *Ecosystems*, 11: 882-894.
- Toundou O., Agbogon A., Simalou O., Koffi T. O. Z. O., Dossou K. S., & Bokobana A. (2017). Amélioration de la croissance et des paramètres agronomiques du maïs (*Zea mays* L.) par des composts de déchets dans la carrière des calcaires de Sika-Kondji au Sud-Togo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 5(2) :133-136
- Useni S.Y., Baboy L.L., Nyembo K. L. & Mpundu M.M. (2012). Effets des apports combinés de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de *Zea mays* L. cultivées dans la région de Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, 54: 3935-3943.
- Useni S. Y., Kasongo L.M. E., Mwamba M.T., Tshipoya M.P., Mukalay M.J., Mazinga K.M. & Nyembo K.L. (2013). Réponse de la culture de soja à l'apport des biomasses vertes de *tithonia diversifolia* A.Gray comme fumure organique sur un ferrasol à Lubumbashi, R.D.Congo. *Journal of Applied Biosciences* ,63: 4727-4735.
- Useni S.Y., Mwema L.A., Musambi L., Chinawej M.M.D. & Nyembo K. L. (2014). L'apport des faibles doses d'engrais minéraux permet-il d'accroître le rendement du maïs cultivé à forte densité ? Un exemple avec deux variétés de maïs à Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, 74 : 6131-6140.
- Valentin, K. K. (2018). Problématique maraîchère induite par la nouvelle dynamique foncière autour des bas-fonds urbains à Bouaké (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 14-15.
- Vargas S. (2010). Rural development and bioenergy: an alternative approach. The BEFS Analysis for Peru. Supporting the Policy Machinery in Peru. Food and Agriculture Organisation (FAO), Rome, 67-76.
- Vognan G., Glin L., Bamba I., Ouattara B. M. & Nicolay G. (2017). Analyse comparative de la rentabilité des systèmes de production coton biologique, conventionnel et transgénique au Burkina Faso. *Tropicultura*, 35 (1) : 12 - 24.

- Waongo A. (2009). Contribution à l'étude des contraintes de stockage des céréales (mil, sorgho, maïs) en zone sud-soudanienne du Burkina Faso. Université d'Ouagadougou (Burkina Faso). Diplôme d'études approfondies (DEA) en sciences biologiques appliquées. 38p.
- Weber J., Karczewska A., Drozd J., Lieznar M., Lieznar S., Jamroz E. & Kocowicz A. (2007). Agricultural and ecological aspects of sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry*, 1 : 1294-1302.
- Wopereis (1999). Cuculum APRA-AGIR. Manuel technique 31 p.
- Yabi A.J., Paraïso A., Ayena R.L. & Yegbemey R. (2012). Rentabilité économique de production agricole sous pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols dans la commune de Ouake au nord-ouest du Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques*, 16 (2): 229 - 242.
- Yao Y., Gao B., Zhang M., Inyang M. & Zimmerman A. (2012). Effect of biochar amendment on SO₂ tionand leaching of nitrate, ammonium and phosphate in a sandy soil. *Chemosphere*, 89 : 1467-1471.
- Ye D.T., Koffi K.E. & Bechi G.F. (2021). Analyse des facteurs de l'érosion hydrique et dégradation environnemental en milieu urbain de Bouaké (Cote d'Ivoire). *Revue de géographie, d'aménagement régional et de développement des Suds*, 1 : 2414-4150.
- Yegbemey R. N., Yabi J. A., Aïhounton, G. D. & Kokoye S. E. (2014). Economic valuation of maize farming profitability under climate change adaptation in Benin, West Africa. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 10(3) : 269-280.
- Yenesew M. & Tilahun K. (2009). Yield and water use efficiency of deficit-irrigated maize. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 9 : 1635-1651.
- Yonli, D., Sourabie, S., Zerbo, P., Traoré, H., & Boussim, J. I. (2022). Aqueous extracts from indigenous plant in Burkina Faso with bio-herbicide properties to reduce *Striga hermonthica* (Del.) Benth propagation. *CABI Agriculture and Bioscience*, 3(1), 18.
- Zamir M.S.I., Ahmad A.H., Javeed H.M.R. & Latif T. (2011). Growth and yield behaviour of two maize hybrids (*Zea mays* L.) towards different plant spacing. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 14(2) : 33-40.

Zougmore R., Zida Z. & Kambou N.F. (2003). Role of nutrient amendments in the success of half-moon soil and water conservation practice in semi-arid Burkina Faso. *Soil and Tillage research*, 71 : 143-149.

ANNEXES



Annexe 1 : a : Bouse de mouton sur l'espace appelé « SAKABO » polluant l'environnement

b : Stockage de détrit de sorgho issu de la fabrication du *Tchapalo*



Annexe 2 : a : Vue d'ensemble de la parcelle

b : Parcelle témoin sans apport de fertilisant au stade 8 feuilles



Annexe 3 : a : Parcelle traitée avec le NPK151515 au stade 8 feuilles

b : Parcelle traitée avec la bouse de mouton au stade 8 feuilles



Annexe 4 : Parcelle traitée avec le détritit de sorgho au stade 8 feuilles



Annexe 5 : Vue d'ensemble de la parcelle au stade de fructification



Annexe 6 : Parcelle témoin sans apport de fertilisant au stade de fructification



Annexe 7 : Parcelle traitée avec le NPK151515 au stade de fructification



Annexe 8 : Parcelle traitée avec la bouse de mouton au stade de fructification



Annexe 9 : Parcelle traitée avec le détritux de sorgho au stade de fructification

Publications

Publication 1

Influence of the Year and Growing Area on Maize (*Zea mays* L.) Production in the Central and North-Central Zones of Côte d'Ivoire (Departments of Bouake and Katiola)

Essy Konan Jean François, Kouassi N'dri Jacob*, Kouame N'guessan, Kouadio Yatty Justin

Agricultural Production Improvement Laboratory, UFR Agroforestry, University of Jean Lorougnon GUEDE (UJLoG), Daloa, Côte d'Ivoire

Email: *kouassindrijacob@yahoo.fr

How to cite this paper: François, E.K.J., Jacob, K.N., N'guessan, K. and Justin, K.Y. (2022) Influence of the Year and Growing Area on Maize (*Zea mays* L.) Production in the Central and North-Central Zones of Côte d'Ivoire (Departments of Bouake and Katiola). *American Journal of Plant Sciences*, 13, 1116-1125.

<https://doi.org/10.4236/ajps.2022.138075>

Received: May 13, 2022

Accepted: August 20, 2022

Published: August 23, 2022

Copyright © 2022 by author(s) and Scientific Research Publishing Inc.

This work is licensed under the Creative

Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Several studies conducted in recent years in Côte d'Ivoire reveal that agriculture is increasingly affected by the adverse effects of climate variability. The present study aims at evaluating the effect of the zone and the year of cultivation on the productivity of maize in the Central and North-Central zones of Côte d'Ivoire. It was carried out for two years (2020 and 2021). The experimental design used was a completely randomized block design with three replications. Observations were made on 12 agronomic parameters (plant size, internode size, collar diameter, number of leaves, number of internodes, cob insertion level, cob length, cob diameter, total kernels, cob dry weight, kernel dry weight, yield). The results showed that all agronomic traits of maize were significantly influenced by locality, except for the number of leaves. The highest values of the traits were observed in the locality of Bouaké. However, the year of cultivation did not influence the agronomic parameters of maize. This study will help to avoid yield decreases due to rainfall disturbances as a consequence of climate change.

Keywords

Climate Variability, Agronomic Parameters, Growing Area

1. Introduction

Maize is the staple food of the population. It is consumed heavily in several forms and is the staple food of the populations of northern Côte d'Ivoire. The yields obtained in farming areas of around 600 to 700 kg/ha are not only ex-

tremely low. They could decline further under the effect of fragile soils, very strong pest pressure, lack of adequate human and financial resources and, above all, increasingly frequent agro-climatological disturbances. Changes in the length of the rainy season and the intensity of rainfall are factors that affect crop production. Africa is particularly affected, especially the least developed countries, which are already very vulnerable socially and economically. The current evolution of the climate has large-scale consequences for ecosystems and causes major climatic upheavals. The current climate changes have irreversible consequences on the life of humans and the activities they carry out. Thus, agricultural activities seem to be the most vulnerable because it contributes to 32% of the growth of sub-Saharan African countries. Most of the ecosystems of the agro-ecological regions are today marked by degradation due to the high climatic variability associated with a greater frequency of extreme phenomena (droughts, floods, storms, hurricanes, temperature increase, etc.) compromising food security [1]. This high temporal, spatial and quantitative variability of rainfall makes agricultural production systems more vulnerable and is a major constraint to food self-sufficiency objectives [2]. In Côte d'Ivoire, agriculture is rainfed and seasonal, and is therefore exposed to the effects of climate variability. All regions of the country are affected by these effects, particularly the Central and North Central zones. These regions are more affected by changes in rainfall patterns, poor distribution of rainfall and strong winds [3]. According to Dekoula *et al.*, (2018) [4], the consequences of changes in the useful rainy season (beginning, end, and length) on the duration and position of the vegetation cycle are proving to be as constraining as the decline in total rainfall. Some studies have shown that yields of crops such as cowpea vary from one area to another (Kouassi *et al.*, 2018 [5], Kouamé *et al.*, 2020 [6]). However, none of them mentioned the effect of spatial variability on maize yields. The objective of the present work is to determine the effects of spatial-temporal variability on maize productivity in the Central and North Central zones. Specifically, this study aims to assess the effect of zone and crop year on agronomic parameters of maize.

2. Material and Methods

2.1. Study Environment

The experiments were conducted concurrently in Bouake and Katiola departments (**Figure 1**) over two years (2020-2021) during the rainy season (March to July). An experimental field was set up in Kongonekro, located 10 km away in Bouaké department. Bouaké, the capital of the Gbêkê region in central Côte d'Ivoire, is located at 7°41' North latitude and 5°02' West longitude on the main road linking Abidjan to the north. The soils are of modest fertility and very sensitive to erosion. An average rainfall of 1373 mm with very irregular rainfall was obtained with an annual temperature of 26.2°C. The second experimental field was set up in the department of Katiola, located in the Hambol region of north-central Côte d'Ivoire. It is located between 8°10' North latitude and 5°4'

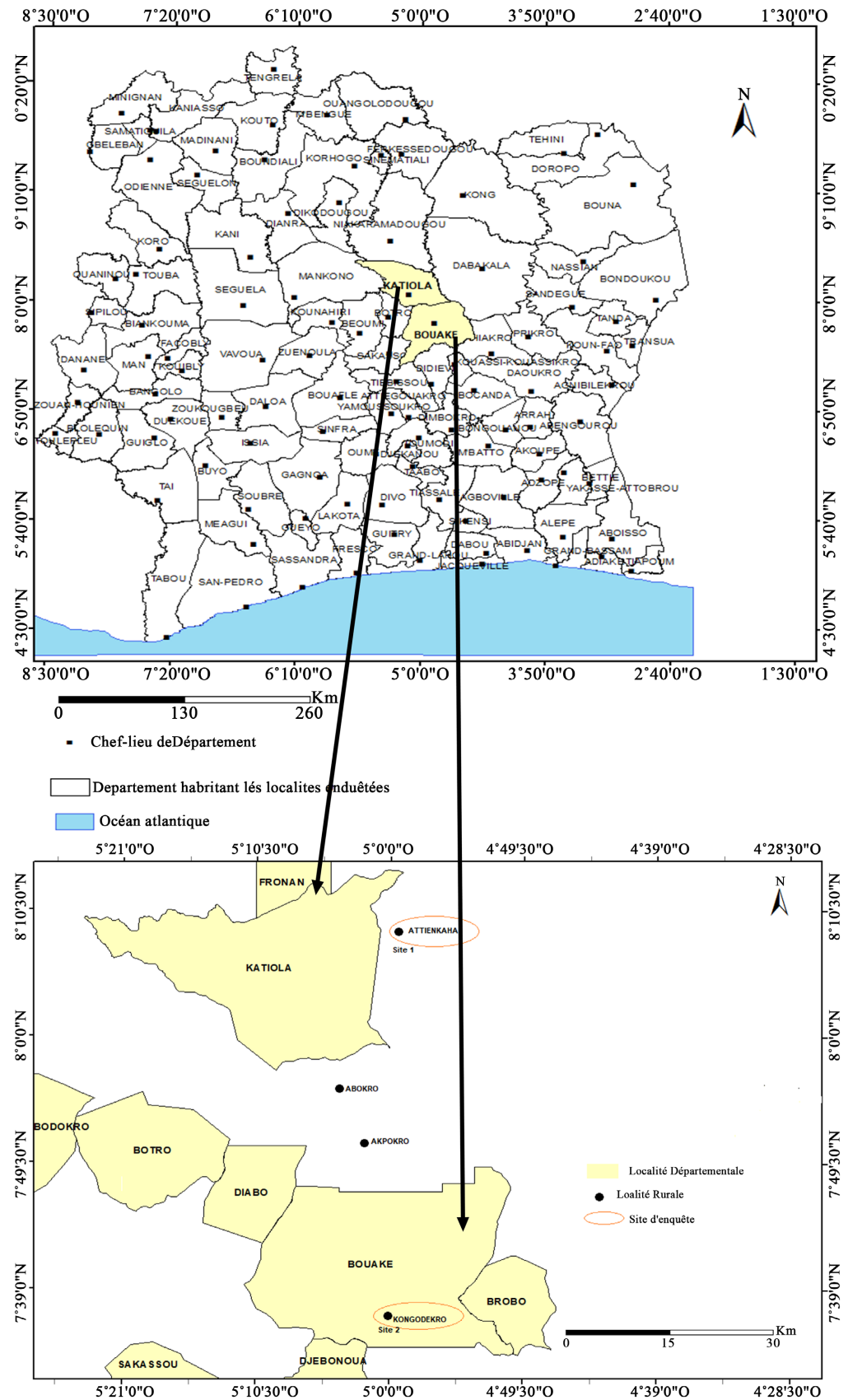


Figure 1. Location of the experimental sites of Attienkaha (Katiola) and Kongonekro (Bouaké).

West longitude and covers an area of 9420 km² [7]. Annual rainfall varies between 1100 mm and 1200 mm. The average temperatures recorded in this area vary between 26.45°C and 33.67°C. The soils are of ferrallitic type dominated by clayey-sandy and gravelly textured soils [8]. The vegetation is that of pre-forest savannah.

2.2. Plant Material

The plant material consists of the improved maize variety F8128, with a long cycle (120 days) from the Bouaké National Agricultural Research Center (CNRA). The choice of this variety is justified by its organoleptic and agronomic qualities and its availability in the seed extension structures (ANADER, CNRA).

2.3. Experimental Device

The experimental set-up used is that of completely randomized blocks with three replications. A plot of 1296 m² (54 m × 24 m) consisting of three (3) blocks was set up. The spacing between two consecutive blocks is 3 m. Each block consists of four (4) elementary plots of 24 m² (6 m × 4 m) spaced at 2 m. Two factors were studied. The first factor is the locality. These were the localities of Bouaké and Katiola. These localities were chosen because they are areas of high maize production. The second factor is the crop year (2020 and 2021). The grains were sown at a rate of 3 per poquet with a spacing of 0.75m between rows and 0.40 m on row (0.75 m × 0.40 m). Organic fertilization consisting of sorghum detritus at a rate of 40 tons per hectare was applied to the different elementary plots. Two separations were carried out in order to leave the most vigorous plant. In order to avoid competition for mineral, carbon and water nutrition and parasitic pressures, four (4) weedings were carried out from the time of establishment to data collection.

2.4. Data Collection

One hundred and forty (140) days after sowing, fifty (50) plants were randomly selected and then labeled per elementary plot. The measurements concerned the growth parameters and the yield parameters. Regarding the growth parameters, the size of the plants was measured from the collar to the point of insertion of the panicle. The measurement of internode size was done on the internode located just below the point of spike insertion. Diameter at the collar was the circumference of the collar. For the number of leaves and the number of internodes a simple count of the living leaves of a plant and the internodes of each plant was made. Yield parameters were also assessed after harvest. For example, the length and diameter of the ear were measured on the largest line formed by the grains on the ear and the circumference at mid-height of the ear, respectively. The ears were stripped of their spathes and dried to constant weights followed by a count of the number of grains per ear and per plant. Dry weight of the ear, dry weight of seeds per ear and yield were determined using a TH-500 microbalance (capacity 500 g × 0.1 g). The measurements made are reported in **Table 1**.

2.5. Statistical Analysis

For each agronomic parameter studied, the means were compared taking into account locality and crop year through a two-factor analysis of variance (ANOVA 2). The significance of the test was determined by comparing the probability (P) associated with the statistic at the $\alpha = 0.05$ threshold. When a significant difference was observed between variables, the ANOVA was completed with the Smallest Significant Difference (SSD) test. The LSD allows us to see the homogeneous groups, since it locates at what level this significant difference occurs. The statistical software used in this work is STATISTICA version 7.1. The results are presented in the form of means plus or minus standard deviation.

3. Results

3.1. Comparison of the Two Localities According to the Agronomic Characteristics of Corn

The analyses performed to evaluate the effect of locality showed that all the analyzed traits were influenced by locality, except for the number of leaves (**Table 2**). The highest values of these traits were observed in the locality of Bouaké. Thus, the highest parameters such as grain weight (92.74 ± 67.64) and yield (3.09 ± 23.77) were observed in this locality. However, the number of leaves did not distinguish the two localities, giving statistically identical values.

3.2. Comparison of the Two Years of Cultivation According to the Agronomic Characteristics of Corn

The results showed that four of the twelve (12) traits analyzed were influenced by the crop year (**Table 3**). Thus, the highest values of agronomic traits were

Table 1. Methods of measuring agronomic parameters in response to year and growing area.

Agronomic parameters	Methods of measurement per elementary plot carried out for 50 plants
Plant size: PS	Measurement concerned the collar to the point of panicle insertion
Size of the Internode: SI	Measurement concerned the size of the internode
Diameter of the Collar: DC	Measurement of the diameter of the collar of each plant
Number of Leaves: NL	Number of all leaves of each plant
Number of Internodes: NI	Number of all the internodes of each plant
Level of ear Insertion: LEI	Measurement from the collar to the level of the ear insertion
Ear length: EL	Measure of the length of the ear of each plant
Diameter of the ear: DE	Measure of the diameter of the ear of each plant
Total Grains of the Ear: TGE	Total grains of the ear of each plant
Dry Weight of the Ear: DWE	Mass of the dry ear on each plant
Dry Weight of the Grains of the Ear: DWGE	Mass of the dry grains of the ear on each plant
Yield: YIED	Total dry grain mass per hectare

Table 2. Effect of locality on agronomic traits of corn.

Variables	Means ($\pm$ standard deviation)		Statistics	
	BOUAKE	KATIOLA F	F	P
PS (cm)	178.81 $\pm$ 30.04 ^a	174.89 $\pm$ 32.41 ^b	22.6	<0.0001
SI (cm)	15.15 $\pm$ 2.76 ^a	14.46 $\pm$ 2.82 ^b	89.6	<0.0001
DC (cm)	6.88 $\pm$ 1.78 ^a	6.61 $\pm$ 2.34 ^b	23.42	<0.0001
NL	13.97 $\pm$ 1.12 ^a	13.90 $\pm$ 1.11 ^a	5.8	0.157
NI	14.00 $\pm$ 1.12 ^a	13.91 $\pm$ 1.12 ^b	6.8	0.0090
NEI (cm)	74.92 $\pm$ 16.97 ^a	71.77 $\pm$ 25.13 ^b	31.03	<0.0001
EL (cm)	11.70 $\pm$ 2.95 ^a	10.94 $\pm$ 4.90 ^b	50.10	<0.0001
DE (cm)	12.34 $\pm$ 2.37 ^a	11.98 $\pm$ 3.76 ^b	18.51	<0.0001
TGE	298.70 $\pm$ 103.73 ^a	292.86 $\pm$ 107.28 ^b	4.41	0.0357
DWE (g)	91.00 $\pm$ 47.69 ^a	87.94 $\pm$ 39.85 ^b	6.98	0.0082
DWGE(g)	92.74 $\pm$ 67.64 ^a	89.40 $\pm$ 65.45 ^b	5.47	0.0194
YIED (t/h)	3.09 $\pm$ 23.77 ^a	2.97 $\pm$ 19.32 ^b	4.49	0.0237

For each character, values with the same letters in rows are statistically equal. PS: Plant size; SI: Internode size; DC: Neck diameter; NL: Number of leaves; NI: Number of inter-nodes; LEI: Ear insertion level; EL: Ear length; DE: Ear diameter; TGE: Total grains; DWE: Ear dry weight; DWGE: Grain dry weight; YIELD: Yield.

Table 3. Effect of crop year on agronomic traits of corn.

Variables	Means ($\pm$ standard deviation)		Statistics	
	2020	2021	F	P
PS (cm)	175.60 $\pm$ 31.87 ^b	177.58 $\pm$ 30.40 ^a	5.7	0.017
SI (cm)	14.81 $\pm$ 2.83 ^b	14.80 $\pm$ 2.72 ^b	480.59	0.891
DC (cm)	6.59 $\pm$ 1.81 ^b	6.81 $\pm$ 2.13 ^a	17.62	<0.001
NL	13.94 $\pm$ 1.19 ^b	13.90 $\pm$ 1.02 ^b	1.7	0.195
NI	13.97 $\pm$ 1.20 ^b	13.90 $\pm$ 1.02 ^b	5.1	0.063
LEI (cm)	18.33 $\pm$ 0.34 ^b	24.37 $\pm$ 0.45 ^a	8.52	0.003
EL (cm)	11.29 $\pm$ 3.10 ^b	11.40 $\pm$ 4.88 ^b	1.8	0.298
DE (cm)	12.20 $\pm$ 3.17 ^b	12.13 $\pm$ 3.16 ^b	0.71	0.401
TGE	294.98 $\pm$ 109.88 ^a	297.51 $\pm$ 101.86 ^a	0.81	0.367
DWE (g)	88.47 $\pm$ 41.11 ^a	90.68 $\pm$ 47.08 ^a	3.58	0.058
DWGE(g)	68.30 $\pm$ 36.22 ^a	65.07 $\pm$ 35.02 ^b	11.73	0.006
YIED (T/ha)	2.27 $\pm$ 47.51 ^b	2.16 $\pm$ 39.34 ^b	1.24	0.005

For each character, values with the same letters in rows are statistically equal. PS: Plant size; SI: Internode size; DC: Neck diameter; NL: Number of leaves; NI: Number of inter-nodes; LEI: Ear insertion level; EL: Ear length; DE: Ear diameter; TGE: Total grains; DWE: Ear dry weight; DWGE: Grain dry weight; YIELD: Yield.

observed in the crop year 2021. On the other hand, the highest grain dry weight (68.30 ± 36.22) and yield per hectare (2.27 ± 47.51) was recorded at the level of the year 2020. Parameters such as internode size, number of leaves, number of internodes, ear length, ear diameter, total kernels, ear dry weight and yield did not show any difference between the two crop years.

3.3. Effect of Locality-Crop Year Interaction on Agronomic Traits of Maize

Table 4 shows that there is no significant effect of the combined action of crop year and locality on any of the traits studied. Thus, the means are statistically identical.

4. Discussion

The analyses performed to evaluate the effect of locality showed that all the analyzed traits were influenced by locality, except for the number of leaves. The highest values of the traits were observed in the locality of Bouaké. Two hypotheses could explain the increase in plant productivity in Bouaké than in Katiola. These are the chemical composition of the soils and the rainfall. The chemical characteristics of the soils in the Bouaké area were significantly better than those in Katiola [8]. Indeed, these authors during a study on the diagnosis of soil

Table 4. Year-location interaction effect.

Variables	Means ($\pm$ standard deviation)		Statistics		F	P
	BOUAKE		KATIOLA			
	2020	2021	2020	2021		
PS (cm)	178.06 $\pm$ 31.12 ^a	179.56 $\pm$ 28.90 ^a	173.15 $\pm$ 32.43 ^a	175.50 $\pm$ 31.78 ^a	0.3	0.6048
SI (cm)	15.20 $\pm$ 2.73 ^b	15.09 $\pm$ 2.60 ^b	14.42 $\pm$ 2.87 ^b	14.50 $\pm$ 2.80 ^b	1.6	0.2057
DC (cm)	6.81 $\pm$ 1.79 ^a	6.95 $\pm$ 1.77 ^a	6.37 $\pm$ 1.80 ^a	6.68 $\pm$ 2.45 ^a	2.54	0.1110
NL	13.97 $\pm$ 1.17 ^a	13.97 $\pm$ 1.06 ^a	13.90 $\pm$ 1.21 ^a	13.82 $\pm$ 0.96 ^a	2.2	0.1352
NI	14.00 $\pm$ 1.18 ^a	13.98 $\pm$ 1.07 ^a	13.94 $\pm$ 1.23 ^a	13.82 $\pm$ 0.96 ^a	3.0	0.0813
LEI (cm)	74.02 $\pm$ 17.73 ^a	75.83 $\pm$ 16.13 ^a	70.85 $\pm$ 18.80 ^a	72.31 $\pm$ 30.61 ^a	0.10	0.7570
EL (cm)	11.71 $\pm$ 2.99 ^a	11.69 $\pm$ 2.91 ^a	10.87 $\pm$ 3.15 ^a	11.10 $\pm$ 6.30 ^a	1.48	0.2238
DE (cm)	12.39 $\pm$ 2.44 ^a	12.29 $\pm$ 2.30 ^a	12.01 $\pm$ 3.75 ^a	11.96 $\pm$ 3.85 ^a	0.13	0.7222
TGE	297.36 $\pm$ 108.66 ^a	300.4 $\pm$ 98.59 ^a	292.61 $\pm$ 111.07 ^a	294.87 $\pm$ 105.14 ^a	0.01	0.9416
DWE (g)	89.81 $\pm$ 40.98 ^a	92.19 $\pm$ 53.56 ^a	87.13 $\pm$ 41.22 ^a	89.10 $\pm$ 39.14 ^a	0.03	0.8604
DWGE (g)	69.24 $\pm$ 36.06 ^a	66.03 $\pm$ 34.17 ^a	67.37 $\pm$ 36.37 ^a	64.06 $\pm$ 35.87 ^a	0.01	0.9574
YIED(T/ha)	2.30 $\pm$ 67.25 ^a	2.20 $\pm$ 19.22 ^a	2.24 $\pm$ 12.44 ^a	2.13 $\pm$ 19.37 ^a	0.04	0.7883

For each character, values with the same letters in rows are statistically equal. PS: Plant size; SI: Internode size; DC: Neck diameter; NL: Number of leaves; NI: Number of internodes; LEI: Ear insertion level; EL: Ear length; DE: Ear diameter; TGE: Total grains; DWE: Ear dry weight; DWGE: Grain dry weight; YIELD: Yield.

fertility in north-central Côte d'Ivoire showed that the soil of Bouaké is more fertile than that of Katiola. The presence of major exchangeable elements such as potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sodium (Na) favored a good biological activity in Bouaké (C.E.C = 12.94) more than in Katiola (C.E.C = 5.98). All of these mineral elements were available to the plants because they were better dissolved. The low CEC values of the Katiola soils do not give them a high buffering capacity. This would be unfavorable for efficient mineral nutrition of maize in these areas [9]. Furthermore, a high C/N ratio in Katiola reflects low biological activity of soils in this region. This results in a concentration of poorly decomposed organic matter which would result in poor plant development in Katiola (29.10) than in Bouaké (13.82) [8]. Sorghum detritus would be different from other organic waste because it comes from alcoholic fermentation. In fact, this alcoholic fermentation and its granular aspect give it a rapid mineralization and a high content of mineral elements necessary for the harmonious development of corn plants. This would contribute to the improvement of maize yield in Bouaké.

Rainfall in the two zones showed different values during the March-July 2020-2021 growing season. The amount of rainfall during the experimental period was significantly greater in Bouake than in Katiola. Also, the late start of the rainy season in Katiola could be detrimental to the long-cycle maize variety, which will not be able to complete its cycle properly because the end of the rainy season is earlier. Our results are consistent with those of Kouamé *et al.* (2020) [6] on the variability of cowpea varieties in Côte d'Ivoire. It revealed an important diversity of the studied agronomic characters according to the zone of culture. Thus, the Daloa zone presented the lowest values for the agro-morphological characteristics. According to these authors the accumulation of reserves in the seeds depends on climatic factors [5]. They explain these results by the fact that the Soubré area being located in the South of Côte d'Ivoire has a higher rainfall than Daloa. These results show that the agro-morphological traits studied were influenced by climatic conditions. Other authors such as Hounzinme *et al.* (2020) [10] found the same results. They observed that the regression analysis between climatic parameters and maize yield showed that the variability of climatic conditions had effects on maize yields. Indeed, corn growth also varies with environmental conditions. A temperature below 15°C can induce a slowdown in growth, thus negatively affecting yield. Therefore, there is a tolerable temperature threshold for maize productivity. Maize emerged as the most temperature-sensitive crop. Observation of rainfall and yields of rainfed crops shows that years of poor rainfall are generally followed by a decrease in yields. With a high average temperature (about 35°C) accompanied by a decrease in rainfall, low yields are observed.

Weight and yield were not influenced by the interaction of locality and crop year. This result can be explained by the fact that the climatic parameters (temperature and rainfall) did not change significantly during the test years. Envi-

ronmental factors play an important role in plant physiology [11]. The distribution of rainfall during the experimental years appears to be sufficient for the water requirements of maize [12]. Indeed, according to these authors, only water deficit negatively influences the grain yield of maize.

5. Conclusion

The overall objective of this work was to evaluate the impact of agroecological disturbances on crop productivity. The results showed that the locality significantly influenced the agronomic traits of the maize variety F8128, except for the number of leaves. The highest values of the traits were observed in the locality of Bouaké. However, the year of cultivation did not influence the yield and yield parameters. This study will make it possible to avoid yield decreases due to rainfall disturbances resulting from climate change. However, for its implementation, other agro-climatological factors such as hygrometry, temperature and other study areas need to be studied beforehand.

Acknowledgements

We would like to thank the authorities of the University Jean Lorougnon Guède of Daloa (Côte d'Ivoire) and the research group of plant physiology of this University for their contribution to the realization of this work.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

References

- [1] Sultan, B., Roudier, P. and Traoré, S. (2015) Les impacts du changement climatique sur les rendements agricoles en Afrique de l'Ouest. *IRD*, 209-225.
- [2] Tidjani, M.A.A. and kponikpé, P.B.I. (2012) Evaluation des stratégies paysannes d'adaptation aux changements: cas de la production du maïs au nord du Bénin. *African Crop Science Journal*, **20**, 425-441.
- [3] Hounkponou, K.S., Nouatin, G., Ahounou, M. and Atinkpahoun, C.N.H. (2011) Améliorer l'accès des communautés rurales aux informations agro-météorologiques pour renforcer leurs capacités d'adaptation au Bénin. *Review African Sociol*, **15**, 4-25.
- [4] Dekoula, S.C., Kouame, B., N'goran, K.E., Yao, G.F., Ehounou, J. and Soro, N. (2018) Impact De La Variabilité Pluviométrique Sur La Saison Culturelle Dans La zone De Production Cotonnière En Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, **14**, 143-159. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n12p143>
- [5] Kouassi, N.J., N'guettia, M.Y. and Koffi, A.M.H. (2018) Influence de la zone de collecte sur les performances agronomiques de quelques variétés de niébé (*Vigna unguiculata*) cultivées dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Sciences naturelles et appliquées, spécial hors-série*, 293-305.
- [6] Kouamé, N.G., Beugré, M.M., Kouassi, N.D.J., Ekra, D.A., Ayolié, K. and Yatty, K.J. (2020) Effet de la zone de culture et de la densité de semis sur les paramètres agro-

- nomiques de trois variétés de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) walp, fabaceae] cultivées en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, **32**, 151-158.
- [7] Kouakou, C.K., Akanvou, L., Konan, Y.A. and Mahyao, A. (2010) Stratégies paysannes de maintien et de gestion de la biodiversité du maïs (*Zea mays* L.) dans le Département de Katiola, Côte-d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, **33**, 2100-2109.
- [8] Soro, D., Dao, D., Girardin, O., Angui, P., Bakayoko, S. and Tra, B. (2011) Diagnostic de fertilité du sol au centre-nord de la côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, **23**, 205-215.
- [9] Kouadio, N.E., Emmanuel, K., Koffi, K.E., Kouakou, B.J., Messoum, G.F., Kouamé B. and N'guessan, B.D. (2018) Diagnostic de l'État de Fertilité des Sols Sous Culture Cotonnière Dans les Principaux Bassins de Production de Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, **14**, 221-238. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n33p221>
- [10] Hounzinme, S.S., Chanhoun, C.S.L., Tekla, O. and Oumorou, M. (2020) Effets de la variabilité climatique sur le rendement de quelques cultures vivrières dans le nord-est du Bénin. *European Scientific Journal*, **16**, 137-155. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n12p137>
- [11] Karikari, S.K. and Tabona, T.T. (2004) Constitutive Traits and Selective Indices of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* (L) Verdc) Landraces for Drought Tolerance under Botswana Conditions. *Physics and Chemistry of the Earth*, **29**, 1029-1034. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2004.08.002>
- [12] Yenesew, M. and Tilahun, K. (2009) Yield and Water Use Efficiency of Deficit-Irrigated Maize. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, **9**, 1635-1651. <https://doi.org/10.4314/ajfand.v9i8.48403>

Publication 2



Effets de la fertilisation organique et de la densité de semis sur les performances agronomiques d'une variété de maïs (F8128) cultivée dans la région du Gbeke (Centre de la Côte d'Ivoire)

François Jean Konan ESSY, N'dri Jacob KOUASSI*, N'guessan KOUAME et Justin Yatty KOUADIO

Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon GUÉDE (UJLoG), BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

**Auteur correspondant ; E-mail : kouassindrijacob@yahoo.fr ; Tel : (+225) 0748667448*

Received: 09-06-2022

Accepted: 20-10-2022

Published: 31-12-2022

RESUME

En vue de contribuer à la gestion durable de la fertilité des sols, les effets de la densité de semis et la dose de détritux de sorgho optimisant la production du maïs ont été étudiés. A cet effet, dans un dispositif en blocs complètement aléatoires, les grains d'une variété de maïs (F8128) ont été semés selon trois densités : forte densité D1 (0,75 m × 0,20 m) correspondant à 66 666 plantes/ha ; moyenne densité D2 (0,75 m × 0,30 m) soit 44 444 plantes/ha et faible densité D3 (0,75 m × 0,40 m) soit 33 333 plantes/ha. A chacune des densités de semis (D1, D2 et D3), la fertilisation organique à base de détritux de sorgho a été apportée selon trois concentrations : 20 T/ha (C1), 30 T/ha (C2) et 40 T/ha (C3) correspondant respectivement à 48 ; 72 et 96 Kg de fertilisant/ parcelle élémentaire de 24 m² (6 m x 4 m). Les paramètres de croissance évalués ont concerné la hauteur des plantes, la longueur de l'entrenœud, la circonférence du collet, le nombre de feuilles, le nombre d'entrenœuds et la hauteur d'insertion de l'épi. Ceux du rendement sont la longueur de l'épi, la circonférence de l'épi, le nombre des grains de l'épi, le poids sec de l'épi, le poids sec des grains, le poids sec de 1000 grains et le rendement à l'hectare. Les résultats ont montré qu'excepté le rendement en grains à l'hectare, plus élevé avec la forte densité D1 (66 666 plantes/ha), tous les autres paramètres agronomiques ont augmenté avec la diminution de la densité. Les plus hautes performances ont été exprimées par la plus faible densité D3. Par ailleurs, l'augmentation des doses de détritux de sorgho a entraîné une augmentation de tous les paramètres de la variété de maïs étudiée. Les valeurs les plus élevées des paramètres agronomiques ont été obtenues avec la dose de fertilisant C3 (40 T/ha). Le rendement de 6,27 T/ha a été obtenu avec la plus forte dose C3 contre 3,73 T/ha pour la faible dose qui est de 20 T/ha. De cette étude, il ressort que la valorisation du détritux de sorgho peut constituer une solution agronomique adéquate, pour non seulement améliorer les rendements du maïs, mais également assurer la durabilité des systèmes d'exploitation.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Détritux de sorgho, densité de semi, dose de fertilisant, paramètres agronomiques.

Effects of organic fertilization and seeding density on the agronomic performance of the maize variety (f8128) grown in the Gbeke region (Central Cote d'Ivoire)

ABSTRACT

This study is part of the sustainable management of soil fertility. Its objective was to determine the sowing density and the dose of sorghum detritus optimizing maize production. A device in completely randomized blocks was constituted. Two factors were studied. The first factor, the semi density consists of three levels. This is D1 which corresponds to the high density (0.75 m x 0.20 m) or 66,666 plants/ha; D2 indicating the average density (0.75 m x 0.30 m) 44,444 plants/ha and D3, the low seed density (0.75 m x 0.40 m) 33,333 plants/ha. The second factor, the dose of fertilizer, was composed of three different concentrations: C1, the dose of fertilizer (20 T/ha) equivalent to 48 Kg/basic plot and C2, the dose of fertilizer (30 T/ha) 72 Kg/elementary plot and C3, the fertilizer dose (40 T/ha) to 96 Kg/elementary plot of 24m² (6 mx4 m). The growth parameters evaluated concerned the height of the plants, the length of the internode, the circumference of the collar, the number of leaves, the number of internodes and the height of insertion of the cob. Those of the yield were the length of the cob, the circumference of the cob, the number of grains of the cob, the dry weight of the cob, the dry weight of the grains, the dry weight of 1000grains and the yield. The results showed that except the grain yield per hectare, which was better with the high density D1(66,666 plants/ha), all the other agronomic parameters increased with the decrease in density. The highest values were observed on the D3 density. In addition, the increase in the doses of sorghum detritus led to an increase in all the parameters of the maize studied. The highest values were obtained with the dose of C3 fertilizer (40 T/ha) with a yield of 6.27 T/ha against 3.73 T/ha for the low dose which is 20 T/ha. From this study, it appears that the valorization of sorghum detritus is one of the adequate agronomic solutions, not only to increase maize yields, but also to ensure the sustainability of farming systems.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Sorghum detritus, sowing density, fertilizer dose, agronomic parameters

INTRODUCTION

La dégradation des sols due à leur appauvrissement en matière organique, en azote et autres éléments minéraux, est connue de tous les spécialistes comme étant à la base de la baisse de productivité agricole en Afrique tropicale (Kasongo et al., 2012). De plus, l'acidité du sol et ses effets connexes habituels limitent sévèrement la production agricole en région tropicale humide. En effet, la toxicité aluminique et manganique notamment, la déficience en nutriments a des effets néfastes sur la croissance des plantes (Denaix et al., 2016). Selon Sanchez (2002), en Afrique subsaharienne chaque année, les stocks des sols en éléments minéraux décroissent de 22 kg pour l'azote (N), 2,5 kg pour le phosphore (P) et 15 kg pour le potassium (K). Par ailleurs, les pratiques culturales rudimentaires acidifient souvent les sols agricoles dans les pays en voie de développement. Pour y faire face, les paysans utilisent souvent la rotation, la jachère, les associations culturales et surtout la fertilisation minérale pour restaurer la fertilité

du sol (Roose et al, 2008 ; Nyembo et al., 2013). Si durant plusieurs décennies, la fertilisation chimique envisagée comme alternative, a permis d'augmenter les productions agricoles, elle est cependant, très souvent inappropriée (destruction de la microfaune du sol) ou inaccessible aux petits paysans à cause de leur coût élevé. Aussi les nitrates non assimilés, entraînés par les eaux de lessivage des sols, sont à la base de la pollution des nappes phréatiques. Face à cette situation, il est urgent de développer des techniques de fertilisation rationnelle, efficiente et accessible aux producteurs à moindres coûts et respectueuse de l'environnement. Les fertilisants organiques pourraient donc constituer une solution à cette préoccupation. Ainsi, plusieurs études relatives aux engrais organiques ont montré leurs effets bénéfiques pour l'agriculture. En effet, ces fertilisants organiques sont dotés de grandes propriétés à améliorer l'état des sols. Ils participent à la réduction de l'acidité du sol (Yao et al., 2012) et accélère l'activité des microorganismes

(Warnock et al., 2007). En fait, l'apport de fertilisants organiques aux sols dégradés améliore leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques (Glaser et al., 2002). De ce fait, ces sols peuvent acquérir de bonnes capacités d'échanges cationiques et de meilleures aptitudes à retenir les éléments nutritifs sur de longues durées (Laird et al., 2010). Cependant, il existe de nombreux composés organiques locaux issus soit directement des résidus de récolte (chaume de riz, de maïs ; fanes d'arachide...) soit après transformation (son de riz, de maïs...) non encore exploités en agriculture (Chantereau et al., 2013). C'est le cas du détritrus de sorgho issu de la fabrication d'une bière locale appelée « tchapalo » qui pourrait constituer un fertilisant organique dont le potentiel agronomique en tant que pourvoyeur d'éléments minéraux et qui n'a pas encore été évalué en Côte d'Ivoire. Dans le but d'améliorer la production du maïs en milieu rural et d'assurer la sécurité alimentaire, cette étude a été initiée. L'objectif général de ce travail est d'évaluer l'effet du détritrus de sorgho issu de la fabrication du tchapalo sur les paramètres agronomiques du maïs en faisant varier la densité de semis.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude

Les expériences ont été conduites pendant trois années consécutives (2019, 2020 et 2021) durant les saisons pluvieuses (de mars à juillet) sur une parcelle expérimentale du village de Kongonékro. Cette localité est située à 10 km de Bouaké, au Centre de la Côte d'Ivoire, à 7°41' de latitude Nord et 5°02' de longitude Ouest (Figure 1). La plupart des sols de cette région de savanes tropicales, très sensible à l'érosion, sont ferrugineux et très sableux à texture sablo-limoneuse, légèrement acides présentent une fertilité modeste car pauvres en argile, en matière organique, en azote et en phosphore (Soro et al., 2011). Le climat est de type équatorial de transition comportant deux saisons de pluie. La première saison s'étend d'avril à juin, alors que la seconde (plus irrégulière) s'étale de septembre à octobre. La pluviométrie moyenne a été de 1373 mm avec des précipitations très irrégulièrement réparties. La température moyenne annuelle a été de 26,2°C (Ye, 2021).

Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué des grains d'une variété de maïs. Il s'agissait de la variété F8128 avec un cycle long (120 jours) provenant du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Bouaké (Figure 2). Cette variété a été choisie sur la base de ses qualités organoleptiques, agronomiques et sa disponibilité dans les structures de vulgarisation des semences telles l'Agence National d'Appui au Développement Rural (ANADER) et le CNRA).

Dispositif expérimental

L'expérimentation a consisté au semis des grains de la variété de maïs F8128 et au suivi des plants produits sur une parcelle de 3500 m² (70 m x 50 m) selon un dispositif expérimental composé des trois blocs complètement randomisés espacés de 3 m les uns des autres. Chaque bloc comportait neuf (9) parcelles élémentaires de 24 m² (6 m x 4 m) espacées de 2 m les unes des autres. Ces semis ont été réalisés suivant trois densités, choisies sur base des observations préliminaires effectuées dans les champs situés dans la zone de production. Il s'agit de la forte densité D1 correspondant aux écartements de 0,75 m x 0,20 m soit 66 666 plants /ha ou 6,66 plants/m² ; de la densité moyenne D2 pour des écartements de 0,75 m x 0,30 m, soit 44444 plantes/ha ou 4,44 plantes / m² et de la faible densité D3 avec écartement de 0,75 m x 0,40 m soit 33 333 plantes /ha ou 3,33 plantes m². Pour chacune des trois densités D1, D2 et D3, trois différentes concentrations (C1, C2 et C3) ont été apportées au stade végétatif. Ces concentrations C1, C2 et C3 correspondaient respectivement à 20, 30 et 40 T/ha, soit également à 48, 72 et 96 Kg par parcelle élémentaire. Ces concentrations ont été apportées 15 jours après semis. Du semis à la récolte, quatre sarclages ont été effectués, pendant tout le cycle végétatif pour éviter l'interaction entre les plantes d'intérêts et les mauvaises herbes.

Collecte des données

Cent quarante (140) jours après semis, cinquante (50) plantes ont été sélectionnées de façon aléatoire puis étiquetées par parcelle élémentaire pour la mesure des données. Les

mesures ont concerné les paramètres de croissance et les paramètres de rendement (Tableau 1). Pour les paramètres de croissance, ce sont : la hauteur des plantes, la longueur de l'entrenœud, la circonférence du collet, le nombre de feuilles, le nombre d'entrenœuds et la hauteur d'insertion de l'épi qui ont été mesurés. L'évaluation de la croissance, a concerné la hauteur des plants correspondant à la distance du collet jusqu'au point d'insertion de la panicule, la longueur de l'entre-nœud (concerne celui situé juste en dessous du point d'insertion de l'épi), la circonférence de la tige au collet. Le nombre de feuilles et celui des entre-nœuds a été obtenu par simple comptage au stade de récolte. Pour le rendement, ce sont : la longueur de l'épi ; la circonférence de l'épi ; le nombre des grains de l'épi ; le poids sec de l'épi ; le poids sec des grains ; le poids sec de 1000 grains et le rendement à l'hectare. Ces paramètres de rendement ont été évalués après la récolte. Aussi, la longueur et la circonférence de l'épi ont porté respectivement sur la ligne la plus importante formée par les grains sur l'épi et la circonférence à mi-hauteur de l'épi. Les épis ont été débarrassés de leurs spathes puis séchés jusqu'à poids constants suivi d'un comptage du nombre de grains par épi et par plante. Le poids sec de l'épi, le poids sec des

graines par épi et le poids de 1000 grains par épi, ont été déterminés à l'aide d'une microbalance TH-500 (sensibilité 0,1 g). Le rendement a été calculé selon la formule suivante : Masse moyenne des grains secs de l'épi par plantes multipliée par le nombre de plantes sur la parcelle. Les mesures effectuées sont consignées dans le Tableau 1.

Analyse statistique

Pour chaque paramètre agronomique étudié, les moyennes ont été comparées entre elles en tenant compte des deux facteurs étudiés (densité de semis et concentrations de fertilisants organiques) à travers une analyse de la variance à deux facteurs (ANOVA 2). La signification du test a été déterminée en comparant la probabilité (P) associée à la statistique au seuil $\alpha=0,05$. En cas de différence significative entre les moyennes pour une variable donnée, l'ANOVA a été complétée par le test de la Plus Petite Différence Significative (PPDS). Ce test a permis de détecter les moyennes ou traitements responsables de ces différences. Tous ces calculs ont été réalisés grâce à l'utilisation du logiciel STATISTICA version 7.1. Les résultats sont présentés sous la forme moyennes plus ou moins en écart-type.

Tableau 1 : Méthodes de mesures des paramètres agronomiques en réponse à la densité de semis et à la dose de fertilisant.

Paramètres agro morphologiques	Méthodes de mesures par parcelle élémentaire effectuée pour 50 plantes
Hauteur de la plante: HaPl (cm)	Mesure du collet jusqu'au point d'insertion de la panicule,
Longueur d'entrenœud: LoEn (cm)	Mesure a concerné la taille de l'entrenœud
Circonférence du collet: CiCo (cm)	Mesure de la circonférence du collet de chaque plante,
Nombre de feuilles: NoFe	Effectif de l'ensemble des feuilles de chaque plante,
Nombre d'entrenœuds: NoEn	Effectif de l'ensemble des entrenœuds de chaque plante,
Hauteur d'insertion de l'épi: HaIE	Distance du collet au point d'insertion de l'épi,
Longueur de l'épi: LoEp (cm)	Mesure de la longueur de l'épi de chaque plante
Circonférence de l'épi: CiEp (cm)	Mesure de la circonférence de l'épi de chaque plante,
Nombre de grains par épi: NoGE	Effectif de l'ensemble des grains de l'épi de chaque plante,
Masse de l'épi sec: MSEp (g)	Masse de l'épi sec par plante,
Masse des grains secs/épi: MGsE (g)	Masse des grains secs de l'épi sur chaque plante,
Poids sec 1000 grains: PS 1000gr	Masse de 1000 grains de l'épi sur chaque plante
Rendement: Rdt (Kg/ha)	Masse totale de grains secs par unité de superficie,

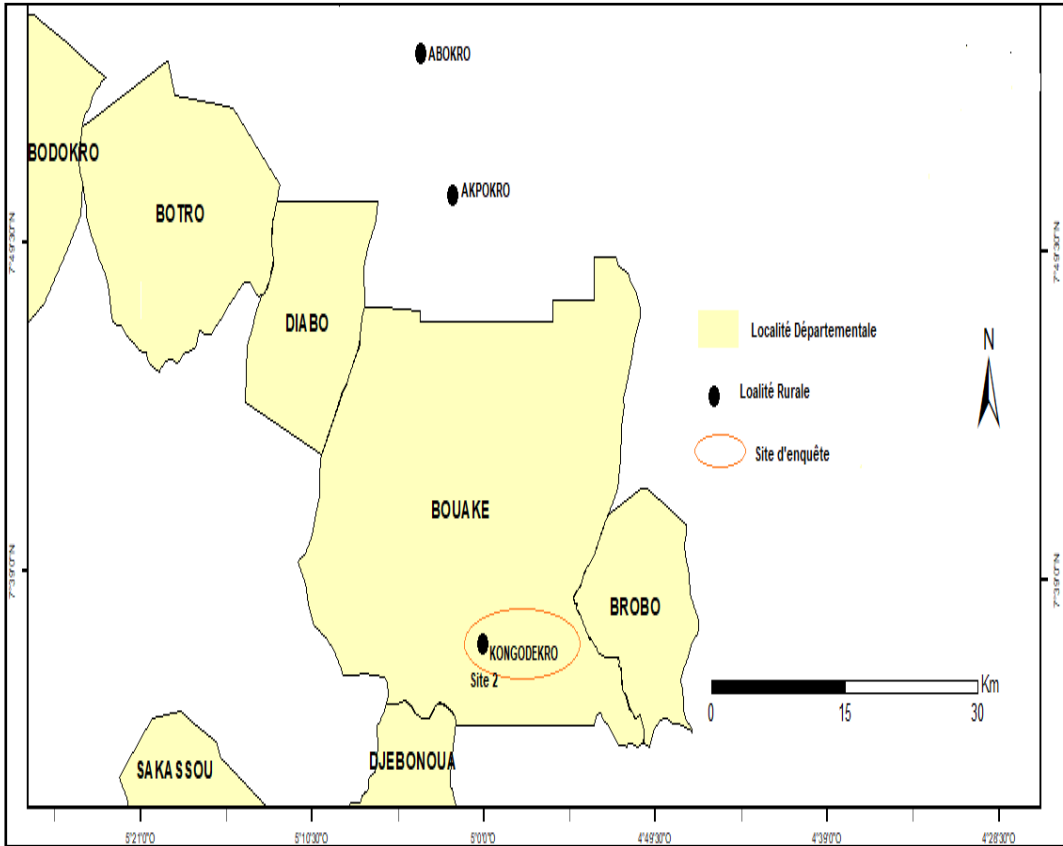


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude



Figure 2 : Grains de la variété F8128

RESULTATS

Effets des densités de semis indépendamment des doses de fertilisant

Tous les paramètres étudiés ont été significativement ($P < 0,001$) influencés par les différentes densités de semis (Tableau 2). Ainsi, l'accroissement de la densité de semis (de 33333 pour D3 à 66 666 plants /Ha pour D1) a entraîné une réduction de la hauteur des plantes (de 213,15 à 191,43 cm), de la circonférence au collet (de 8,65 à 8,14 cm), du nombre de feuilles (de 14,60 à 12,10) et de la masse des grains sec de l'épi (de 129,35 à 87,26 g). Cependant cette augmentation de la densité semis (de D3 à D1) a provoqué un accroissement du rendement (de 4,31 à 5,81 T/ha). Globalement, l'accroissement de la densité de semis entraîne une réduction des paramètres de croissance et de rendement chez le maïs.

Effets des doses de fertilisant indépendamment des densités de semis

La dose du fertilisant a très significativement ($P < 0,001$) impacté les paramètres de croissance et de rendement du maïs (Tableau 3). Ainsi, les tests post-ANOVA ont montré que l'accroissement de la dose du détrit de sorgho (de C1 à C3) a entraîné une augmentation de la hauteur des plantes (de 174,81 à 220,67 cm), de la circonférence au collet (de 7,11 à 9,33 cm), du nombre de feuilles (de 13,09 à 15,20), de la masse des grains sec de l'épi (de 84,03 à 141,15 g) et du rendement (de 3,73 à 6,23 T/ha). En somme, l'accroissement de la dose de détrit de sorgho (de C1 à C3) a amélioré la croissance et le rendement des plants chez le maïs.

Effet de l'interaction densité de semis-dose de fertilisants sur les caractères agronomiques

En dehors de la hauteur d'insertion de l'épi et son diamètre, l'interaction (densité de semis*dose de fertilisants) a influencé significativement tous les autres caractères agronomiques du maïs (Tableau 4). Ainsi, quelle que soit la densité de semis (D1, D2 ou D3), les valeurs des paramètres de croissance augmentent avec la dose de fertilisant. Par exemple à la densité D1, l'accroissement de la dose de fertilisant (de C1 à C3) a entraîné une augmentation de la hauteur des plantes (de 170,39 à 210,39 cm), de la circonférence au collet (de 6,73 à 9,36 cm), du nombre de feuilles (de 13,09 à 15,20), de la masse des grains sec de l'épi (de 74,27 à 115,64 g) et du rendement (de 4,95 à 7,70 T/ha). Il en est de même pour les deux autres densités de semis (D2 et D3). Ainsi, indépendamment de la densité de semis, la dose de fertilisant améliore la croissance et le rendement du maïs. Toutefois, la comparaison des valeurs optimales de chaque paramètre, obtenues à la plus forte concentration de fertilisant (C3) révèle qu'elles augmentent avec la densité de semis. Ainsi pour la croissance, la hauteur optimale des plantes a augmenté de 210 à 236 cm et le plus grand nombre de feuilles par plant, de 14,99 à 15,60 et pour le rendement, le poids des épis s'est accru de 122,9 à 174,18 g. Le rendement global optimal a été obtenu à la moyenne densité. Finalement la croissance et le rendement des plantes diminuent avec la densité de semis mais augmentent avec la dose de fertilisant. La plus forte dose (C3) de détrit de sorgho a induit la meilleure croissance des plants de maïs à la plus faible densité (D3) tandis qu'elle favorise le meilleur rendement à la moyenne densité (D2).

Tableau 2 : Moyennes des caractères agronomiques mesurés sur les trois densités de semis du maïs.

Variables Statistiques	Densité de semis			Tests	
	D1	D2	D3	F	P
HaPl (cm)	191,43±23,30 ^c	194,67±27,43 ^b	213,15±31,22 ^a	130,5	< 0,001
LoEn (cm)	16,05 ± 2,11 ^c	17,09 ± 2,51 ^b	17,58± 2,57 ^a	76,0	<0,0001
CiCol (cm)	8,14±2,70 ^b	8,21±1,46 ^b	8,65±1,41 ^a	14,66	<0,0001
NoFe	12,01± 1,10 ^c	13,81± 1,14 ^b	14,60±1,28 ^a	85,4	<0,0001
NoEn	14,12± 1,21 ^b	13,82± 1,15 ^c	14,66± 1,31 ^a	85,8	<0,0001
HaIEP (cm)	85,05± 37,79 ^b	83,85± 16,92 ^c	91,28± 13,99 ^a	17,96	<0,0001
LoEp (cm)	12,69± 7,69 ^c	14,77± 2,27 ^b	15,21± 2,59 ^a	54,67	<0,0001
CiEp (cm)	12,63± 1,73 ^c	14,67±6,15 ^b	15,06± 1,99 ^a	81,77	<0,0001
NoGE	369,36±66,47 ^c	405,99±82,65 ^b	446,99±78,85 ^a	184,63	<0,0001
MSEp (g)	113,59±22,44 ^c	135,65±25,18 ^b	147,99±59,08 ^a	141,54	<0,0001
MGsE (g)	87,26±19,16 ^c	105,58±22,80 ^b	129,35±27,87 ^a	335,84	<0,0001
PS 1000gr(g)	236,24±15,11 ^c	260,05±34,65 ^b	289,38±18,33 ^a	335,33	<0,0001
Rdt (T/ha)	5,81± 10,42 ^c	4,69±13,40 ^b	4,31±11,54 ^a	302,62	< 0,001

NB : Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales : Hauteur de la plante : HaPl ; Longueur de l'entre-nœud : LoEn ; Circonférence du collet : CiCo ; Nombre de feuilles : NoF ; Hauteur d'insertion de l'épi : HaIE ; Longueur de l'épi : LoEp ; Circonférence de l'épi : CiEp ; Nombre de grains par épi : NoGE ; Masse de l'épi sec : MSEp ; Masse des grains secs par épi : MGsE ; Poids sec ; 1000 grains : PS 1000gr et Rendement : Rdt, Densité: D1(66 666plants /ha) D2 (44 444plants /ha) D3 (33 333 plants /ha)

Tableau 3 : Moyennes des caractères agronomiques mesurés sur les trois doses de fertilisant.

p	Variables	Moyennes (± Ecart - types)			Tests Statistiques	
		C1 (20T/ha)	C2 (30T/ha)	C3 (40T/ha)	F	
	HaPl (cm)	174,81±29,11 ^c	203,99±23,99 ^b	220,67±23,37 ^a	791,5	<0,001
	LoEn (cm)	14,98±2,49 ^c	16,92±2,06 ^b	18,82±1,91 ^a	702,8	<0,001
	CiCo (cm)	7,11±1,19 ^c	8,56±2,52 ^b	9,33±1,12 ^a	1053,3	<0,001
	NoFe	13,09±0,68 ^c	14,14±1,11 ^b	15,20±0,74 ^a	216,85	<0,0001
	NoEn	13,09±0,68 ^c	14,18±1,17 ^b	15,33±0,75 ^a	88,97	<0,0001
	HaIE (cm)	74,20±12,76 ^c	86,31±12,76 ^b	99,68±35,94 ^a	216,85	<0,0001
	LoEp (cm)	12,34±1,86 ^c	14,53±6,65 ^b	15,80±4,55 ^a	96,80	<0,0001
	CiEp (cm)	12,75±6,11 ^c	14,14±1,75 ^b	15,46±2,03 ^a	88,97	<0,0001
	NoGE	353,45±65,44 ^c	395,05±52,12 ^b	463,58±77,52 ^a	617,42	<0,0001
	MSEp (g)	107,18±18,83 ^c	139,59±55,29 ^b	190,50±28,42 ^a	259,84	<0,0001
	MGsE (g)	84,03±19,51 ^c	107,05±19,12 ^b	141,15±2,63 ^a	512,52	<0,0001
	PS 1000 (g)	237,74±31,66 ^c	270,97±11,25 ^b	304,47±2,44 ^a	333,85	<0,0001
	Rdt (T/ha)	3,73±53,21 ^c	4,77±1,35 ^b	6,27±33,17 ^a	289,34	<0,0001

NB : Pour chaque variable , les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales :Hauteur de la plante: HaPl ; Longueur de l'entre-nœud: LoEn ; Circonférence du collet: CiCo ; Nombre de feuilles: NoFe ; Nombre d'entre-nœuds: NoEn Hauteur d'insertion de l'épi: HaIE ; Longueur de l'épi: LoEp ; Circonférence de l'épi: CiEp ;Nombre de grains par épi : NoGE ; Masse de l'épi sec : MSEp ; Masse des grains secs par épi : MGsE ; Poids sec ; 1000 grains : PS 1000gr et Rendement : Rdt (T/ha)

Tableau 1 : Effet de l'interaction densité-dose sur les paramètres agronomiques.

Variables	Moyennes (± Ecart -types)									Statistiques	
	D1			D2			D3			F	p
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3		
HaPl (cm)	170,39±13,5 ^g	193,60±19,6 ^f	210,39±15,9 ^d	168,02±19,70 ^g	200,7±20,7 ^e	215,22±17,3 ^c	186±16,2 ^f	217±25,5 ^b	236±26,59 ^a	6,1	<0,0001
LoEn (cm)	15,75±1,57 ^c	14,74±1,41 ^d	17,66 ±2,15 ^b	14,31 ±1,85 ^d	17,95±1,20 ^b	19,00±1,39 ^a	14,8±1,7 ^d	18,1±1,4 ^b	19,78±1,45 ^a	157,5	<0,0001
CiCo (cm)	6,73±1,31 ^d	8,33±3,98 ^b	9,36±0,91 ^a	7,09±1,03 ^c	8,54±1,24 ^b	9,00±1,34 ^a	7,52±1,09 ^c	8,8±1,27 ^b	9,63±0,97 ^a	3,28	0,0108
NoFe	13,17±0,46 ^d	13,90±0,94 ^c	14,99±0,92 ^b	12,97±0,67 ^e	13,46±1,07 ^d	15,00±0,27 ^b	13,1±0,8 ^d	15,6±0,5 ^b	15,60±0,71 ^a	66,4	<0,0001
NoEn	13,18±0,47 ^b	13,86±0,92 ^b	15, ±0,98 ^a	12,97±0,67 ^c	13,46±0,30 ^b	15,00± 0,27 ^a	13,1±0,8 ^b	15,2±0,68 ^a	15,63±0,67 ^a	85,6	<0,0001
HaIE (cm)	73,79±9,13 ^f	82,52±15,05 ^d	98,89±60,59 ^b	69,18±15,73 ^g	84,39±9,36 ^d	97,99±10,44 ^c	79±10,18 ^e	92±11,14 ^c	102±10,27 ^a	2,30	0,056
LoEp (cm)	11,05±1,49 ^f	13,761±11,3 ^d	13,28±6,56 ^d	12,88±1,76 ^e	14,87±1,11 ^c	16,55 ±2,10 ^b	13,8±1,5 ^d	14,9±1,58 ^c	17,57±2,24 ^a	7,44	<0,0001
CiEp (cm)	11,53±1,30 ^f	12,50±1,45 ^e	13,85±1,59 ^d	13,39±10,36 ^d	14,84±1,13 ^c	15,79±1,52 ^b	13,3±1,1 ^d	15,9±1,3 ^b	16,75±1,77 ^a	1,92	0,1042
No GE	344,10±64,4 ^f	351,82±4,46 ^e	402,3±66,71 ^d	336,76±67,68 ^g	390,1±42,4 ^e	422,9±59,37 ^b	369±56,1 ^f	434±32,1 ^c	516±59,23 ^a	40,4	<0,0001
MSEp (g)	96,50±16,59 ^f	121,3±19,08 ^d	122,9±20,84 ^d	111,26±17,92 ^e	141±16,48 ^c	154,3±18,32 ^b	113,7±1,9 ^e	156±89,8 ^b	174±18,07 ^a	14,88	<0,0001
MGsE (g)	74,27±14,89 ^f	91,92±14,72 ^d	115,64±20,1 ^d	85,72±17,72 ^e	106,5±4,50 ^c	124,47±16,8 ^b	99±21,1 ^d	122±16,1 ^b	153±17,10 ^a	47,60	<0,0001
PS1000 gr	215,8±25,66 ^f	261,2±33,71 ^d	287,4±27,33 ^d	254,54±45,96 ^e	273,1±43,9 ^c	294,8±51,88 ^b	268±28,3 ^d	282±74,9 ^b	296±11,80 ^a	56,71	<0,0001
Rdt (t/ha)	4,95±12,24 ^f	6,12±15,94 ^d	7,70±44,78 ^d	3,80±45,51 ^e	4,68±21,66 ^c	5,53±67,79 ^b	3,3±88,5 ^d	4,9±44,7 ^b	5,10±32,63 ^a	43,11	<0,0001

NB : Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres en lignes sont statistiquement égales. Hauteur de la plante : HaPl ; Longueur de l'entre-nœud : LoEn ; Circonférence du collet : CiCo ; Nombre de feuilles : NoFe ; Nombre d'entre-nœuds : NoEn ; Hauteur d'insertion de l'épi : HaIE ; Longueur de l'épi : LoEp ; Circonférence de l'épi : CiEp ; Nombre de grains par épi : NoGE ; Masse de l'épi sec : MSEp ; Masse des grains secs par épi : MGsE ; Poids sec ; 1000 grains : PS 1000gr et Rendement : Rdt . Densité : D1 (66 666plants/ha), D2 (44 444 plants /ha), D3 (33 333plants /ha), Doses : C1 (20T/ha), C2 (30T/ha) et C3 (40T/ha).

DISCUSSION

Chez la variété de maïs étudiée (F8128), l'accroissement de la densité de semis (de 33.333 à 66.666 plants/ ha) a ralenti la croissance et le rendement des plants. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les fortes densités favorisent la compétition entre les plants de maïs, entraînant une exploitation plus rapide des ressources (eau, nutriments et lumière). La compétition pour les nutriments du sol, la lumière et l'occupation spatiale sont accentuées à ces fortes densités de semis (Kouassi et al., 2017). Ainsi, La réduction des écartements entre les plants crée de plus en plus d'ombre entre eux. De ce fait, leurs feuilles basales de plus en plus privées de lumière n'arrivent plus à participer à la photosynthèse. La quantité de substances élaborées par la plante diminue, la rendant de plus en plus incapable d'initier la formation de nouveaux organes tels que les feuilles. A cet effet, les travaux Djè Bi et al. (2011) ont montré que le rendement et ses composantes chez *Citrullus lanatus* (cucurbité) diminuaient avec la densité de semis des plantes. En effet, la diminution du poids de l'épi et du poids des grains avec l'augmentation de la densité de semis s'expliquerait par une plus grande compétition entre les plants de maïs pour les ressources nutritives du sol disponibles. L'accroissement de la productivité du maïs avec l'écartement des pieds, pourrait ainsi être attribué au fait qu'à faibles densités, la plante peut facilement se développer. Cette croissance se fait avec une faible compétition pour l'acquisition de ces ressources. Cela aurait pour conséquence la formation de gros et grands épis portant de lourds grains. Chez le gombo (*Abelmoschus caillei*), les travaux de Kouassi et al. (2017) ont montré que la densité de semis influence significativement la croissance des plantes. Cependant, nos résultats sont contraires à ceux observés chez Taffouo (2008) au Cameroun. En effet, ce chercheur a remarqué que la hauteur des plants et le rendement du niébé (*Vigna unguiculata*) étaient significativement

plus élevée à très forte densité (250 000 plants/hectare) qu'à faible densité (27777,77 plants/hectare).

La dose de fertilisant a très significativement impacté les paramètres de croissance et de rendement du maïs. Ainsi, l'augmentation de la dose du détritit de sorgho a significativement améliorée tous les paramètres morphologiques et de rendement de la variété de maïs F8128. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que la forte dose de détritit aurait plus enrichi le sol en éléments nutritifs afin de mieux combler les besoins des plants de maïs qui y étaient cultivés. Cette quantité de fertilisant aurait pu suffisamment couvrir tous les besoins des plants durant tout leur cycle et surtout durant les phases critiques de leur développement de la plante. La présence permanente de fertilisant dans le sol, favorise l'activité biologique et améliore son carbone organique ; ce qui aboutit à la régularisation du pH du sol. Elle participe à l'établissement des complexes argilo-humiques permettant l'adsorption, la substitution puis la libération des minéraux indispensables aux plantes. Par ailleurs, Cobo et al. (2002) ont montré que le taux de la décomposition de la matière organique et l'augmentation des rendements étaient étroitement liés à la synchronisation entre la libération des nutriments et leur assimilation par la plante. Le lien étroit entre la dose de matières organiques et le rendement des plantes a déjà été largement démontré par Nyembo et al. (2012). Ces auteurs ont montré qu'une augmentation des doses de fertilisants entraînait une amélioration du rendement des plants de cette poacée. En effet, en plus de fournir des éléments minéraux, les fertilisants organiques améliorent les propriétés physiques (capacité de rétention des minéraux et de l'eau), et, chimiques (capacité d'échange cationique) et biologiques du sol et également la santé des plantes. Aussi chez certains auteurs comme Bakayoko et al. (2019), l'augmentation des doses des fertilisants organiques a entraîné

une augmentation des paramètres agronomiques chez le maïs. Cependant nos résultats sur la dose de fertilisant sont contraires à ceux de Kitabala et al. (2016). En effet, ces chercheurs ont montré au cours de leurs travaux sur la tomate que le rendement a diminué avec l'augmentation de la dose de fertilisant. Cette situation s'expliquerait par la différence des fertilisants organiques, la dose et les plantes utilisées dans notre essai. Selon eux, au-delà de 30 T/ha les éléments minéraux apportés par le fertilisant organique est au-delà des besoins de la plante et engendrerait un effet d'antagonisme entre les éléments minéraux.

La croissance et le rendement des plantes diminuent avec la densité de semis mais augmentent avec la dose de fertilisant. La plus forte dose (C3) d'engrais induit la meilleure croissance des plants de maïs à la plus faible densité (D3) tandis qu'elle favorise le meilleur rendement à la moyenne densité (D2). La croissance et le rendement des plantes diminuent avec la densité de semis mais augmentent avec la dose de fertilisant. La plus forte dose (C3) d'engrais induit la meilleure croissance des plants de maïs à la plus faible densité (D3) tandis qu'elle favorise le meilleur rendement à la moyenne densité (D2). En effet les plus fortes valeurs obtenues avec l'interaction D3-C3 se justifieraient par le fait que l'augmentation de la dose de fertilisant a auraient fourni suffisamment d'éléments nutritifs aux plantes pour couvrir leurs besoins. Couplée à la réduction de la densité, elle occasionnerait un apport d'éléments minéraux suffisants pour couvrir les besoins de croissance et de développement de moins de plantes tout en évitant une compétition intra spécifique. Cependant les faibles performances des paramètres enregistrées au niveau de l'interaction D1-C1 supposent qu'en augmentant la densité combinée à la diminution des doses, plus de plantes ont été mobilisées pour tirer profit de peu d'éléments minéraux assimilables. Cela a entraîné une compétition entre les plants avec pour

conséquence une faible croissance et productivité du maïs.

Conclusion

Cette étude visait à évaluer l'effet de la fertilisation par le détritux de sorgho et de la densité de semis sur les performances agronomiques (croissance et rendement) de la variété de maïs (F818) dans la région du Gbeke. Elle a montré que les caractères agronomiques de la variété de maïs sont optimisés à l'apport de 40 T/ha de détritux de sorgho et à la densité de semis de 33 333 plantes/ha soit 3, 33 plantes/m². Dans le contexte de promotion d'une agriculture respectueuse de l'environnement, la fertilisation organique est une source importante d'éléments nutritifs et peut être utilisée pour relever la productivité des sols. L'utilisation des fertilisants organiques issus des déchets organiques urbains présente un intérêt double : l'amélioration de productivité des plantes, et la gestion rationnelle des déchets organiques améliorant ainsi le cadre de vie des populations.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'aucun conflit d'intérêt n'existe par rapport à cet article.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit des autorités de l'Université Jean Lorougnon GUEDE de Daloa (Côte d'Ivoire) et du groupe de recherche de physiologie végétale de cette Université pour leur contribution à la réalisation de ce travail. Quant à KKK et NKV, ils ont été très présents dans le traitement des données.

REFERENCES

Bakayoko S, Abobi AHD, Konate Z, Touré NU. 2019. Effets comparés de la bouse de bovins séchée et de la sciure de bois sur la croissance et le rendement du maïs (*Zea*

- mays l.) *Agronomie Africaine*, N° Spécial (8)
- Chantereau J, Cruz JF, Ratnadass A et Gilles Trouche G, Flidel G, 2013. *Le sorgho*. Éditions Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux 2013.
- Cobo J, Barrios E, Kaas Thomas R, 2002. Nitrogen mineralization and crop uptake from surface applied leaves of green manure species on a tropical volcanic –ash soil. *Biology and Fertility of Soil*, **36**: 87-92. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0496-y>
- Denaix L, Anatole-Monnier L, Thiéry D. 2016. Effet de l'utilisation répétée de bouillie bordelaise sur la contamination des sols, la biodisponibilité du cuivre et son accumulation dans la vigne. *46e congrès du Groupe Français des Pesticides, 17-19 mai 2016, BORDEAUX*
- Djè B, Kouamé K, Baudoin J, Zoro B. 2011. Effet de la saison de culture et la densité des plants sur les adventices et la production de la Cucurbitacée oléagineuse *Citrullus lanatus* (Thunberg) Matsum et Nakai (Cucurbitaceae). *Sci Nat.*, **8**: 85-93.
- Glaser, Lehmann, Zech. 2002. Ameliorating geophysical and chemical properties of highly weathered soils in the tropic with charcoal are view. *Biology and Fertility of soils*, **35**: 219 -230.
- Kasongo RK, Van Ranst E, Kanyankogote P, Verdoodt A, Baert G. 2012. Réponse du soja (*Glycine max*) à l'application de phosphate de Kanzi et de dolomie rose de Kimpese sur sol sableux en RD Congo. *Can. J. Soil Sci.*, **92** : 905-916. DOI:10.4141/CJSS2011-097
- Kitabala M, Tshala U, Kasangij K, Mulang T, Kammana N, Nyembo K. 2016. Intégration et exploitation des arrières effets des fèces humaines pour l'amélioration de la fertilité chimique du sol et de la production de la culture du maïs (*Zea mays* L.) à Lubumbashi R.D Congo). *Journal of Applied Biosciences*, **108**: 10480-10490. DOI: 10.4314/jab.v108i1.1
- Kouassi J, Kouamé N, Koffi M, N'Guessan A, Yatty J. 2017. Influence du charbon activé de bois et de la densité de semis sur l'évolution de quelques paramètres de croissance et de développement d'une variété de gombo (*Abel moschus caillei*). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11** (4) : 1829-1839. DOI: 10.4314/ijbcs.v11i4.32
- Kouassi NJ, Koffi AMH, Yah NM, Kouakou YIJ, Kouadio JY. 2017. Influence de la densité de semis sur les paramètres agronomiques de trois variétés de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp, Fabaceae) cultivées en Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, **13** (4) : 327 - 336
- Laird, Fleming, Wang, Horton K. 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a mid-western agricultural soil. *Geoderma.*, **158**: 436-442. DOI: 10.1016/j.geoderma.2010.05.012
- Nyembo KL, Useni SY, Chukiyabo KM, Tshomba KJ, Ntumba NF, Muyambo ME, Kapalanga KP, Mpundu MM, Bugeme MD, Baboy LL. 2013. Rentabilité économique du fractionnement des engrais azotés en culture de maïs (*Zea mays* L.) : cas de la ville de Lubumbashi, sud-est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, **65**: 4945 – 4956
- Nyembo KL, Useni SY, Mpundu MM, Bugeme MD, Kasongo LE, Baboy LL. 2012. Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays* L. à Lubumbashi, Sud-Est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, **59**: 4286- 4296.
- Sanchez A, Ysunza F, Beltran-Garcia MJ, Esqueda M. 2002. Biodegradation of viticulture wastes by *Pleurotus*: a source of microbial and human food and its potential use in animal feeding. *J. Agric.*

- Food Chem.*, **50** (9): 2537-2542.
doi.org/10.1021/acs.jafc.2c01143
- Soro D, Dao D, Girardin O, Angui P, BAKAYOKO S. Tra B. 2011. Diagnostic de fertilité du sol au centre-nord de la côte d'ivoire. *Agronomie Africaine* **23** (3) : 205 - 215
- Roose E, Albergel J, De Noni G, Sabir M, Laouina A. 2008. Efficacité de la GCES en milieu semi-aride. AUF, EAC et IRD éditeurs, Paris, p. 425.
- Taffouo VD, Etamé JDN, Nguelemeni MLP, Eyambé YMT, Ayoub RF, Akoa A. 2008. Effet de la densité de semis sur les croissances, le rendement et les teneurs en composés organiques chez cinq variétés de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Journal of Applied Biosciences*, **12**: 623-632.
- Warnock DD, Lehmann J, Kuyper TW, Rillig MC. 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil-concepts and mechanisms. *Plant and soil*, **30**: 9-20.
- Yao Y, Gao B, Zhang M, Inyang M, Zimmerman A. 2012. Effect of biochar amendment on SO₂ fixation and leaching of nitrate, ammonium and phosphate in a sandy soil. *Chemosphere*, **89** : 1467-1471. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2012.06.002
- Ye DT, Koffi K.E, Bechi GF, 2021. Analyse des facteurs de l'érosion hydrique et dégradation environnemental en milieu urbain de Bouaké (Cote d'Ivoire). *Revue de géographie, d'aménagement régional et de développement des Suds*, ISSN 2414-4150.

Resumé

Résumé

Afin de valoriser les déchets organiques urbains trois études ont été menées à Bouaké et Katiola. La première a concerné l'identification du fertilisant optimisant plus la production du maïs. A cet effet, l'influence de la fertilisation sur les paramètres agromorphologiques de deux variétés de maïs (f8128 et violet de Katiola) a été testée. Il ressort que contrairement au type de fertilisant, la variété de maïs n'influence pas les paramètres agromorphologiques. Ainsi, les valeurs les plus élevées ont été observées au niveau de détritrus de sorgho suivi du témoin NPK et de la bouse de mouton. Le détritrus de sorgho s'est nettement distingué des autres fertilisants. En ce qui concerne la seconde étude, elle est basée sur la détermination de la densité de semi et la dose optimale du détritrus de sorgho. La densité de semi a été constituée de trois niveaux. Il s'agit de D1 qui correspond à la forte densité, soit 66 666 plantes /ha ou 6,66 plantes/m²; D2 indiquant la densité moyenne, soit 44 444 plantes/ha ou 4, 44 plantes / m² et D3, la faible densité de semi, soit 33 333 plantes /ha ou 3,33 plantes m². Quant à la dose de fertilisant, elle a été composée de trois différentes concentrations : C1, la dose de fertilisant (20T/ha) équivalent à 48Kg/parcelle élémentaire et C2, la dose de fertilisant (30T /ha) soit 72 Kg/parcelle élémentaire et C3, la dose de fertilisant (40T/ha) correspond à 96 Kg/parcelle élémentaire. Les valeurs les plus élevées ont été observées sur la densité D3. Par ailleurs, l'augmentation des doses de détritrus de sorgho a entraîné une augmentation de tous les paramètres du maïs étudiés. Les valeurs les plus importantes ont été obtenues avec la dose de fertilisant C3 (40T/ha) avec un rendement de 6,27T/ha contre 3,73T/ha pour la faible dose qui est de 20T/ha. En vue d'une adaptation de l'utilisation du détritrus de sorgho comme une nouvelle innovation par les paysans, sa rentabilité financière a été établie afin de garantir son applicabilité. Elle a indiqué que le détritrus de sorgho peut être conseillé aux paysans car économiquement plus rentable avec une marge Nette 3,75 fois plus élevée que celle obtenue par TR. Aussi cette nouvelle technologie coutera 41 000 FCFA de plus aux paysans pour un gain de 503 000 FCFA de surplus contrairement à l'ancienne pratique.

Mots-clés : Maïs, détritrus de sorgho, bouse de mouton, NPK, témoin, densité de semi, dose de fertilisant, les paramètres agronomiques, variété, rentabilité économique, Bouaké, Katiola et Côte d'Ivoire.