



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

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 GUEDE (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 détritiques 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 détritiques 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 détritiques 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 détritiques 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 : Détritiques 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 détritit 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 détritit 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

grains 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,

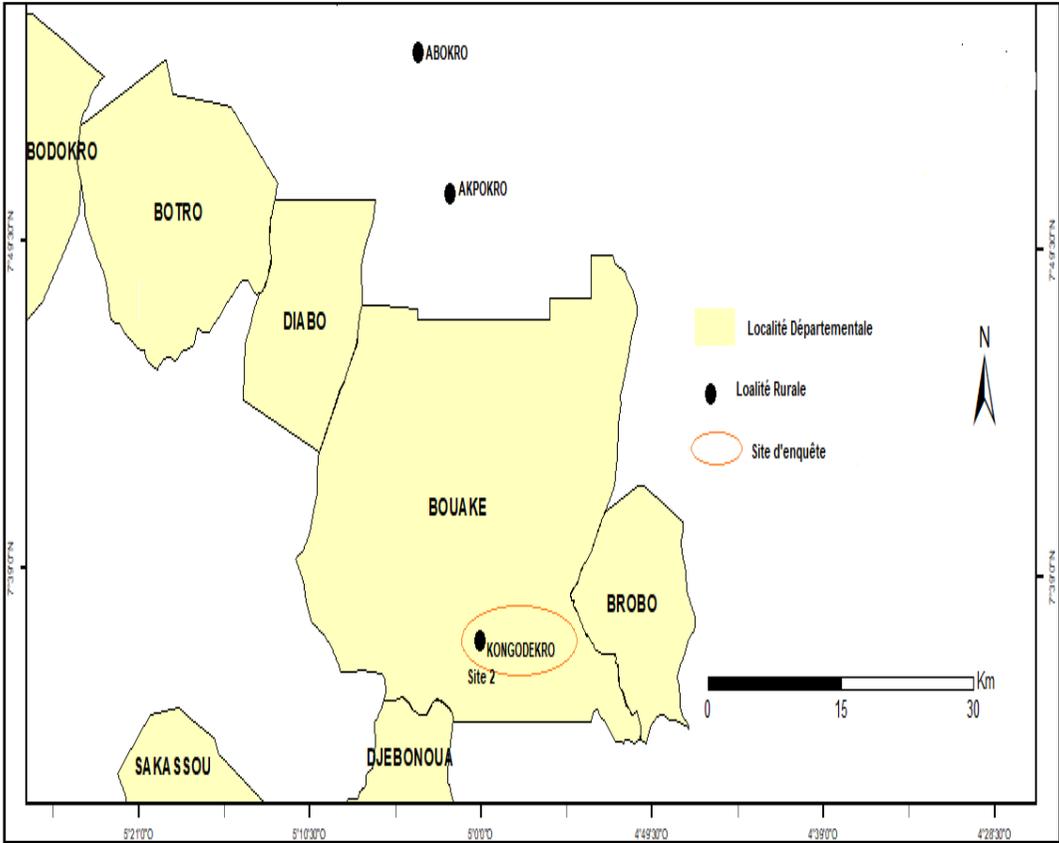


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude



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 de 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 détritit 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 détritit 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 détritit 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'entreœud : 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±29,11c	203,99±23,99b	220,67±23,37a	791,5	<0,001
LoEn (cm)	14,98±2,49c	16,92±2,06b	18,82±1,91a	702,8	<0,001
CiCo (cm)	7,11±1,19c	8,56±2,52b	9,33±1,12a	1053,3	<0,001
NoFe	13,09±0,68c	14,14±1,11b	15,20±0,74a	216,85	<0,0001
NoEn	13,09±0,68c	14,18±1,17b	15,33±0,75a	88,97	<0,0001
HaIE (cm)	74,20±12,76c	86,31±12,76b	99,68±35,94a	216,85	<0,0001
LoEp (cm)	12,34±1,86c	14,53±6,65b	15,80±4,55a	96,80	<0,0001
CiEp (cm)	12,75±6,11c	14,14±1,75b	15,46±2,03a	88,97	<0,0001
NoGE	353,45±65,44c	395,05±52,12b	463,58±77,52a	617,42	<0,0001
MSEp (g)	107,18±18,83c	139,59±55,29b	190,50±28,42a	259,84	<0,0001
MGsE (g)	84,03±19,51c	107,05±19,12b	141,15±2,63a	512,52	<0,0001
PS 1000 (g)	237,74±31,66c	270,97±11,25b	304,47±2,44a	333,85	<0,0001
Rdt (T/ha)	3,73±53,21c	4,77±1,35b	6,27±33,17a	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'entreœud: LoEn ; Circonférence du collet: CiCo ; Nombre de feuilles: NoFe ; Nombre d'entreœuds: 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 (\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
PS1000 gr	215,8 \pm 25,66 ^f	261,2 \pm 33,71 ^d	287,4 \pm 27,33 ^d	254,54 \pm 45,96 ^e	273,1 \pm 43,9 ^c	294,8 \pm 51,88 ^b	268 \pm 28,3 ^d	282 \pm 74,9 ^b	296 \pm 11,80 ^a	56,71	<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 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 détritit 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 détritit 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, Fliedel 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, Nguелеmeni MLP, Eyambé YMT, Ayou 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* LWALP). *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 tionand 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.