

Effets de doses croissantes d'engrais minéraux sur le comportement de *Zeamays L.* à différents systèmes de labour dans l'hinterland de la Ville de Kananga, Kasai Central, en République Démocratique du Congo

Alex Ngangolo Lungambo

Université de Kananga (UNIKAN). Faculté des Sciences Agronomiques. BP 70. Kananga (RDC). E-mail : alexngangolo3@gmail.com

Reçu le 18 septembre 2022, accepté le 14 décembre 2022, publié en ligne le 11 mars 2023

RESUME

Description du sujet. La nécessité d'améliorer les rendements et la productivité des cultures sur les terres agricoles existantes devient de plus en plus un objectif primordial et évident en République Démocratique du Congo (RDC). Une étude expérimentale a été menée durant six mois dans les champs-écoles de l'Université de Kananga, Commune de Nganza, Ville de Kananga, Province du Kasai Central.

Objectif. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de doses croissantes d'engrais minéraux (N-P-K 17-17-17 et de l'Urée 46 % d'azote) sur le comportement de *Zea mays L.* (cultivar Babungo) à différents systèmes de labour dans les conditions édapho-climatiques de l'hinterland de Kananga en RDC.

Méthodes. Le dispositif expérimental utilisé était le Split plot, comportant deux termes d'erreurs. Les facteurs de variation ont été observés à savoir, les doses croissantes d'engrais minéraux (D) avec 4 niveaux (D₀ « Dose d'engrais minéraux témoins, 0 kg/ha », D₁ « Dose d'engrais minéraux 1, 200 kg/ha », D₂ « Dose d'engrais minéraux 2, 250 kg/ha » et D₃ « Dose d'engrais minéraux 3, 300 kg/ha »), traitement principal et les systèmes de labour (S) avec 3 niveaux (S₁ « système de labour 0 minimum tillage », S₂ « système de labour en billon », S₃ « système de labour à plat »), traitement secondaire. Les paramètres de croissance et de production ont été observés. Il s'agit notamment du taux de germination, la taille de plants à maturité, la hauteur de l'insertion à l'épis, le nombre de plants levés, le nombre de jours à la floraison et à la maturité complète, le nombre de carottes par plant, le poids de 1000 grains par parcelles en kg et le rendement en grains sec.

Résultats. Les doses croissantes de N-P-K et de l'Urée ont influencé certains paramètres de croissance et de production tels que : la hauteur de plants à la maturité complète : D₃ > D₂ > D₁ > D₀ ; la hauteur de l'insertion à l'épis : D₃ > D₁ > D₀ > D₂ et le rendement de maïs en grains sec en kilogramme (kg/ha) : D₂ > D₃ > D₁ > D₀, soit 6,42 > 5,79 > 5,71 > 3,8. Par ailleurs, le mode de labour n'a pas influencé les paramètres observés. La combinaison des doses et modes labours ont révélé que le taux de germination est lié à ces paramètres.

Conclusion. Les résultats de cette étude peuvent aider au renforcement des capacités en techniques résilientes pour l'adoption des pratiques agroécologiques en milieu paysan.

Mots-clés : *Zea mays*, hinterland, édapho-climatique, dose, Kananga.

ABSTRACT

Effects of increasing doses of mineral fertilizers on the behavior of *Zea mays L.* at different tillage systems in the hinterland of the city of Kananga, Kasai Central, in the Democratic Republic of Congo

Description of the subject. The need to improve crop yields and productivity on existing agricultural land is increasingly becoming an overriding and obvious objective in the Democratic Republic of Congo (DRC). An experimental study was conducted for six months in the field schools of the University of Kananga, Commune of Nganza, City of Kananga, Province of Kasai Central.

Objective. The objective of this study is to evaluate the effect of increasing doses of mineral fertilizers (N-P-K 17-17-17 and Urea 46 % nitrogen) on the behavior of *Zea mays L.* (cultivar Babungo) to different tillage systems in the edapho-climatic conditions of the Kananga hinterland in DRC.

Methods. The experimental device used was the Split plot, comprising two error terms. The variation factors were observed, namely, the increasing doses of mineral fertilizers (D) with 4 levels (D₀ "Dose of control mineral fertilizers, 0 kg/ha", D₁ "Dose of mineral fertilizers 1, 200 kg/ha", D₂ "Dose of mineral fertilizers 2, 250 kg/ha" and D₃ "Mineral fertilizer rate 3, 300 kg/ha"), main treatment and tillage systems (S) with 3 levels (S₁ "minimum tillage 0 tillage system", S₂ "ridge tillage system", S₃ "flat plowing system"), secondary treatment. Growth and

production parameters were observed. These include germination rate, size of plants at maturity, height of ear insertion, number of plants emerged, number of days to flowering and full maturity, number of carrots per plant, the weight of 1000 grains per plot in kg and the dry grain yield.

Results. The increasing doses of N-P-K and Urea influenced certain growth and production parameters such as: height of plants at full maturity: $D3 > D2 > D1 > D0$; the height of the insertion at the ear: $D3 > D1 > D0 > D2$ and the dry grain maize yield in kilograms (kg/ha): $D2 > D3 > D1 > D0$, i.e., $6.42 > 5.79 > 5.71 > 3.8$.

Moreover, the mode of plowing did not influence the observed parameters. The combination of doses and plowing modes revealed that the germination rate is linked to these parameters.

Conclusion. The results of this study can help build capacity in resilient techniques for the adoption of agroecological practices in rural areas.

Keywords: *Zea mays*, hinterland, edapho-climatic, dose, Kananga.

1. INTRODUCTION

La nécessité d'améliorer les rendements et la productivité des cultures sur les terres agricoles existantes devient un objectif primordial et évident. L'amélioration des techniques culturales (parmi lesquelles l'apport d'engrais organiques et chimiques) et la sélection de variétés plus productives ouvrent des perspectives en ce sens. Mais dans le cas de cultures vivrières à Kananga, le maintien de la fertilité des sols sera la clé de voûte (FAO, 2005).

Dans la plupart des pays au Sud du Sahara, l'augmentation de la pression démographique a entraîné une intensification des pratiques agricoles et une extension des surfaces cultivées qui s'est traduite par une réduction de la durée de jachères. Cette situation non seulement prédispose le sol à l'érosion, mais aussi entraîne un épuisement rapide des éléments nutritifs, notamment l'azote et le phosphore (Mulaji, 2010).

Zéa mays L. est une céréale de grande importance sur le plan mondial du fait de son utilisation dans l'alimentation humaine et animale (Anonyme, 1982). En effet, les racines et les tubercules constituent le groupe d'aliments les plus importants en RDC, tandis que les céréales occupent la deuxième place. Sur le plan mondial par contre, on observe la situation inverse. Les céréales viennent bien en tête, les racines en deuxième position. Le Maïs représente actuellement la deuxième culture vivrière en République Démocratique du Congo après le manioc (Anonyme, 1993 ; 2009). Au Kasai central et particulièrement dans l'hinterland de Kananga (village Ntambue), la grande production de maïs est consommée sous forme de farine. Cette nourriture constitue l'aliment de base et préféré par la majorité de la population.

Dans le milieu paysan, le rendement moyen de maïs oscille entre 400-800 kg/ha et 5 à 7 tonnes/ha dans

les grandes exploitations (Vanden Abeele, 1956 ; Anonyme, 1993). Ces faibles productions en milieu paysan peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs notamment : la faible fertilité du sol, l'usage de matériels de propagation à faible potentialité ou le manque de semences améliorées et des intrants pour la majorité des agriculteurs, la pullulation des maladies et ravageurs, la présence de mauvaises herbes, le pH généralement acide du sol ayant une faible capacité d'échange cationique, les températures élevées accélérant la minéralisation de la matière organique, etc. (Cordonnier et Col, 1977 ; Morize, 1992).

L'amélioration de certaines pratiques culturales ainsi que la modification de certaines techniques culturales peuvent augmenter le rendement du maïs à Ntambue. C'est pourquoi, plusieurs travaux de recherches sur le maïs ont été lancés dans la province pour l'incorporation de matière organique et l'épandage d'engrais minéraux, le chaulage et la lutte phytosanitaire.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de doses croissantes d'engrais minéraux sur le comportement de *Zea mays* (cultivar Babungo) à différents systèmes de labour dans les conditions édapho-climatiques de l'hinterland de Kananga. Cette étude apporte des informations susceptibles de contribuer à l'augmentation de la production des maïs auprès des agriculteurs qui s'y adonnent.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu

Le champ expérimental a été installé à Ntambue à plus ou moins 17 km de Centre-Ville de Kananga, sur la route qui mène vers Tshimbulu (figure 1).

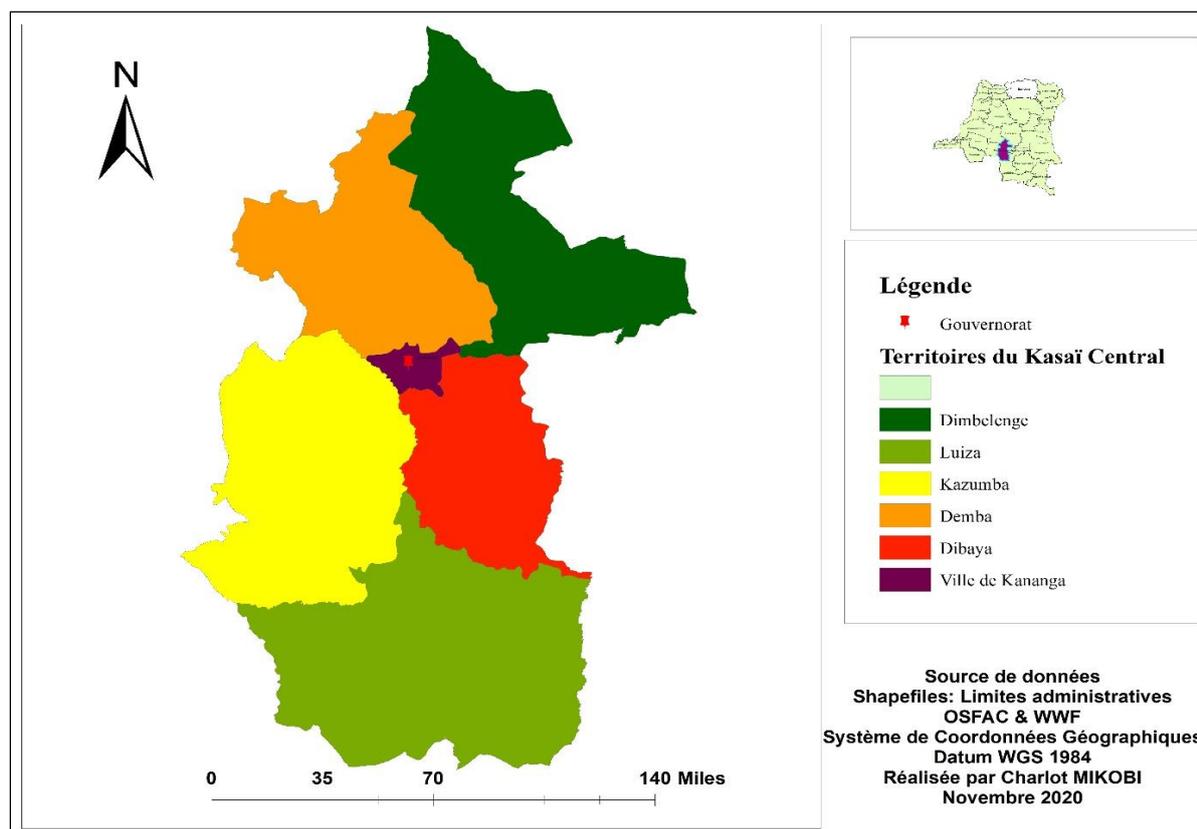


Figure 1. Localisation de la ville de Kananga

La ville de Kananga est située à 7°15' et 7°55' de latitude Sud et 22°10' et 22° 21' de longitude Est sur une altitude moyenne de 824 m. Selon la classification de Köppen, le village de Ntambue appartient au type climatique AW₃, un climat tropical humide avec une saison sèche qui s'étend du 15 mai au 15 août ; l'humidité relative fluctue fortement le long de l'année et atteint parfois 85 % (Gillain, 1953 ; Brunneau et Pain, 1990). Le sol ayant servi de support à cette expérimentation est de type sablo-argileux, associé à une curasse ferrugineuse avec un niveau d'éléments granulés d'origine diverse.

Le couvert végétal de Ntambue est constitué d'un écosystème dominé par une savane herbeuse où on y trouve les espèces floristiques telles que *Panicum maximum*, *Imperata cylindrica*, *Andropogon caynis*, *Cynodon dactylon*, *Hyparhenia* sp., *Stylosanthes gracilis* et quelques arbustes parsemés à l'instar de *Hymenocardia acida*, *Annona senegalensis*, *Albizia adiantifolia*, etc.

2.2. Matériel

Au cours de l'expérimentation, le matériel végétal utilisé était constitué du cultivar Babungo, provenant de l'Institut National d'Etude et de Recherche Agronomiques (INERA-KIPOPO à Lubumbashi). C'est un cultivar d'origine Camerounaise, amélioré par le Programme National de Maïs (PNM) en introduisant les gènes de résistance et sa hauteur moyenne oscille autour de 2 m, et son cycle végétatif

varie entre 105 à 115 jours. Les grains sont blancs. C'est un cultivar à polonisation libre qui résiste à l'averse, la striure, la rouille et helminthosporiose ; les fertilisants minéraux (CO(NH₂)₂) à 46 % et NPK à 10-20-10 lui sont très favorables.

2.3. Méthodes

L'essai expérimental a été conduit dans un champ labouré à la main, le labour était à plat (\pm 30 cm de profondeur), suivi de nivellement. Le dispositif expérimental appliqué était le Split plot. Deux facteurs de variation ont été observés à savoir les doses croissantes d'engrais minéraux (D) avec 4 niveaux (D₀ « Dose d'engrais minéraux témoins, 0 kg/ha », D₁ « Dose d'engrais minéraux 1, 200kg/ha », D₂ « Dose d'engrais minéraux 2, 250 kg/ha » et D₃ « Dose d'engrais minéraux 3, 300 kg/ha ») comme traitement principal et les différents systèmes de labour (S) avec 3 niveaux (S₁ « système de labour 0 minimum tillage », S₂ « système de labour en billon », S₃ « système de labour à plat ») comme traitements secondaires.

Tous les traitements ont été répétés trois fois. La superficie de champ de l'essai était de 31 m x 9 m = 405 m² ; et celle retenue par parcelle était de 9 m x 5 m = 45 m². Les sous-parcelles étaient de 5m x 1,5 m = 7,5 m². Le semis a été effectué le 13 novembre 2020 à raison d'un grain par poquet, aux écartements de 0,75 m x 0,25 m soit une densité de 53 333 plants par hectare. Les travaux d'entretien ont consisté au regarnissage de vide, au sarclage, au buttage et au

binage. Au cours de l'expérimentation, les paramètres de croissance et de production ont été observés. Il s'agit notamment du nombre de plants levés, le nombre de jours à la floraison, le nombre de jours à la maturité complète, le nombre d'épis par plants, le taux de germination, la taille de plants à maturité, la hauteur de l'insertion à l'épis, le poids de 1000 grains par parcelles en kg et le rendement en grains sec. Les données obtenues ont été soumises à l'analyse de la variance (ANOVA) au seuil de

probabilité de 5 %. Le test de PPDS a été utilisé pour la comparaison des moyennes des traitements.

3. RÉSULTATS

3.1. Paramètres végétatifs

Taux de germination

Le tableau 1 présente le taux de germination de grains de maïs

Tableau 1. Taux de germination

Système de labour		Dose				Moyenne	Indice
		D ₀	D ₁	D ₂	D ₃		
	S ₁	92,8	85,7	93,6	94,4	91,7	96,23
	S ₂	92,9	93,7	94,9	93,9	93,8	98,43
	S ₃	95,4	96,5	93,6	96	95,3	100
Moyenne		93,7	91,9	94	94,9		
Indice		98,73	96,84	99,05	100		

Légende : D₀ (Dose d'engrais minéraux témoins, 0 kg/ha), D₁ (Dose d'engrais minéraux 1, 200 kg/ha), D₂ (Dose d'engrais minéraux 2, 250 kg/ha), D₃ (Dose d'engrais minéraux 3, 300 Kg/ha) ; S₁ (système de labour 0 minimum tillage), S₂ (système de labour en billon), S₃ (système de labour à plat).

Il ressort de ce tableau que la moyenne des différentes doses ne montre pas de différence significative (tableau 2) au seuil de probabilité de 5 %.

Tableau 2. Résumé ANOVA

Source de variation	DL	SC	CM	Fcal	Fth 5%	Conclusion
Total dose	11	232,1	21,1			
Dose	3	23,27	7,75	1,107	3,16	N.S
Bloc	2	79,2	39,6			
Erreur (a)	18	129,6	7,2			
SC Totale	35	533,4	15,24			
Labour	2	26,46	13,24	5,98	6,94	N.S
Combinaison de dose x labour	6	266	44,33			
Erreur (b)	4	8,87	2,21			

Légende : DL (Degré de liberté), SC (Somme de Carré), CM (Carré Moyen), S (Significative), NS (Non significatif), Fcal (Variance calculée) et Fth (Variance théorique).

En considérant la dose, le tableau 2 indique qu'il n'y a pas de différences significatives au seuil de probabilité de 5 % ($F_{cal} < F_{th}$) entre les moyennes des traitements. Par contre, en considérant le labour, il ressort que celui-ci n'a pas aussi influencé le taux de germination ($F_{cal} < F_{th}$). La combinaison de la dose et du labour ($F_{cal} > F_{th}$) n'a pas montré de différences significatives entre les moyennes des traitements. Le PPDS de 2,22 %, sous-entend que la combinaison dose & labour a des effets mesurables sur le taux de germination.

Hauteur des plants

Le tableau 3 présente la hauteur des plants de maïs soumis aux différents traitements.

Tableau 3. Effet des traitements sur la hauteur de plants (cm)

Système de labour		Dose				Moyenne	Indice
		D ₀	D ₁	D ₂	D ₃		
	S ₁	196,3	204,6	204,6	201,7	201,7	96,4
	S ₂	200,1	205,9	206,2	209,1	205,3	97,41
	S ₃	197,3	199,1	200,3	199,7	209,1	100
Moyenne		197,9	203,2	203,7	209,1	201,07	
Indice			97,17	97,41	100		

Légende : D0 (Dose d'engrais minéraux témoins, 0 kg/ha), D1(Dose d'engrais minéraux 1, 200 kg/ha), D2(Dose d'engrais minéraux 2, 250 kg/ha), D3 (Dose d'engrais minéraux 3, 300 Kg/ha) ; S₁ (système de labour 0 minimum tillage), S₂ (système de labour en billon), S₃ (système de labour à plat).

Les résultats consignés dans le tableau 3 montrent que le système de labour n'a pas influencé les traitements mis en essais. Les résultats de l'analyse de variance sont consignés au tableau 4.

Tableau 4. Résumé ANOVA

Source de variation	DL	SC	CM	Fcal	Fth 5%	Conclusion
Total dose	11	2007,30	182,48			
Dose	3	490,50	163,50	4,50	3,16	S
Bloc	2	863,50	431,75			
Erreur (a)	18	635,80	36,32			
SC Total	35	5256,84	150,19			
Labour	2	4326,88	2163,44	3,27	6,94	N.S
Combinaison de dose x labour	6	439,96	73,24	0,11	6,16	N.S
Erreur (b)	4	2638,80	659,70			

Légende : Dl (Degré de liberté), SC (Somme de Carré), CM (Carré Moyen), S(Significative), NS (Non significatif), Fcal (Variance calculée) et Fth (Variance théorique).

Le tableau ci-dessus, renseigne sur base de la dose, qu'il y a une différence significative entre les moyennes des traitements, c'est-à-dire la dose influence la hauteur des plants à la maturité (Fcal<Fth). Par contre, sur base du labour, l'analyse de la variance au seuil de probabilité de 5 % a révélé qu'il n'y a pas de différences significatives entre les moyennes des traitements (Fcal<Fth), autrement dit, labour n'influence pas la hauteur des plants à la maturité. En combinant les traitements dose et labour, l'ANOVA a montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre les moyennes des traitements (Fcal<Fth) ; ce qui veut dire que la combinaison de la dose et du labour n'a pas influencé la hauteur des plants à la maturité.

Hauteur de l'insertion à l'épis

Le tableau 5 ci-dessous présente la hauteur de l'insertion à l'épis

Tableau 5. Effet de traitements sur la hauteur de l'insertion à l'épis

Système de labour		Dose				Moyenne	Indice
		D ₀	D ₁	D ₂	D ₃		
	S ₁	96,1	98,9	67,5	103,8	91,5	89,88
	S ₂	94,8	100	107,6	105	101,8	100
	S ₃	90,8	98,3	98,5	101,1	97,17	95,45
	Moyenne	93,9	99	91,2	103,3		
	Indice	90,9	95,83	88,28	100		

Légende : D0 (Dose d'engrais minéraux témoins, 0 kg/ha), D1(Dose d'engrais minéraux 1, 200 kg/ha), D2(Dose d'engrais minéraux 2, 250 kg/ha), D3 (Dose d'engrais minéraux 3, 300 Kg/ha) ; S₁ (système de labour 0 minimum tillage), S₂ (système de labour en billon), S₃ (système de labour à plat).

Les résultats de ce tableau montrent que les traitements mis en essai ont influencé la hauteur de l'insertion à l'épis (tableau 6).

Tableau 6. Résumé ANOVA

Source de variation	DL	SC	CM	Fcal	Fth 5%	Conclusion
Total dose	11	692,58	62,57			
Dose	3	482,81	160,93	37,16	3,16	S
Bloc	2	131,89	65,94			
Erreur (a)	18	79,98	4,33			
SC Totale	35	2517,75	71,65			
Labour	2	131,90	65,95	0,45	6,94	N. S
Combinaison de dose x labour	6	1108,28	184,71	1,28	6,16	N. S
Erreur (b)	4	574,89	143,73			

Légende : PPDS (Plus petite différence significative) dose = 1,9 cm, CV (Coefficient de variation), NS (Non significative), S (Significative), SC (Somme de carré).

Du point de vue de la dose, il y a une différence significative car $F_{cal} > F_{th}$ au seuil de 5 %. En effet, la dose a une influence sur la hauteur de l'insertion de l'épis. Quant au système de labour et en tenant compte de la combinaison de la dose x le labour, il n'y a pas de différences significatives ($F_{cal} < F_{th}$ au seuil de probabilité de 5 %). D'où, le système de labour et la combinaison de dose n'a pas influencé la hauteur de l'insertion de l'épis.

3.2. Paramètres de production

Nombre de jours de semis à la maturité complète des grains

Le tableau 7 ci-dessous indique le nombre de jours à la maturité complète des grains de maïs.

Tableau 7. Effet de traitements sur le nombre de jours à la maturité complète

Système de labour		Dose				Moyenne	Indice
		D ₀	D ₁	D ₂	D ₃		
	S ₁	111,00	110,00	109,00	109,00	109,70	100,00
	S ₂	107,00	106,00	108,00	107,00	107,00	97,53
	S ₃	107,00	110,00	104,00	108,00	107,70	98,17
	Moyenne	108,00	109,00	107,00	108,00		
	Indice	99,08	100,00	98,16	99,08		

Légende : D₀ (Dose d'engrais minéraux témoins, 0 kg/ha), D₁ (Dose d'engrais minéraux 1, 200 kg/ha), D₂ (Dose d'engrais minéraux 2, 250 kg/ha), D₃ (Dose d'engrais minéraux 3, 300 Kg/ha) ; S₁ (système de labour 0 minimum tillage), S₂ (système de labour en billon), S₃ (système de labour à plat).

Le résumé de l'ANOVA au seuil de probabilité de 5 % ne montre pas de différences significatives entre les paramètres mesurés (tableau 8).

Tableau 8. Résumé ANOVA

Source de variation	DL	SC	CM	F _{cal}	F _{th} 5%	Conclusion
Total dose	11	105,30	9,57			
Dose	3	12,60	4,20	2,06	3,16	N.S
Bloc	2	56,16	28,08			
Erreur (a)	18	36,54	2,03			
SC total	35	382,00	10,91			
Labour	2	31,50	15,70	0,40	6,94	N.S
Combinaison de dose x labour	6	146,90	24,48	0,63	6,16	N.S
Erreur (b)	4	154,46	38,61			

Légende : PPDS (Plus petite différence significative) dose = 1,9 cm, CV (Coefficient de variation), NS (Non significative), S (Significative), SC (Somme de carré).

Il ressort de l'analyse statistique effectuée qu'il n'existe pas de différences significatives entre les doses d'engrais appliquées, le labour et la combinaison dose et labour ou $F_{cal} < F_{th}$ au seuil de probabilité de 5 %, c'est-à-dire aucun traitement n'a eu une influence sur le nombre de jours à la maturité complète des grains.

Nombre d'épis

Le tableau 9 présente le nombre d'épis par plant

Tableau 9. Nombre d'épis par plant

Système de labour		Dose				Moyenne	Indice
		D ₀	D ₁	D ₂	D ₃		
	S ₁	1,10	1,20	1,30	1,20	1,20	100,00
	S ₂	1,00	1,10	1,30	1,40	1,10	91,66
	S ₃	1,10	1,10	1,30	1,30	1,20	100,00
	Moyenne	1,00	1,10	1,30	1,30		
	Indice	76,92	91,66	100,00	100,00		

Légende : D0 (Dose d'engrais minéraux témoins, 0 kg/ha), D1 (Dose d'engrais minéraux 1, 200 kg/ha), D2 (Dose d'engrais minéraux 2, 250 kg/ha), D3 (Dose d'engrais minéraux 3, 300 Kg/ha) ; S₁ (système de labour 0 minimum tillage), S₂ (système de labour en billon), S₃ (système de labour à plat).

Le résumé de l'analyse variance est des paramètres étudiés et présentés au tableau 10 ci-dessous.

Tableau 10. Résumé ANOVA

Source de variation	DL	SC	CM	Fcal	Fth 5%	Conclusion
Total dose	11	0,44	0,04			
Dose	3	0,35	0,11	2,75	3,16	N.S
Bloc	2	0,01	0,00			
Erreur (a)	18	0,08	0,04			
SC Totale	35	0,18	0,00			
Labour	2	0,01	0,01	0,58	6,94	N.S
Combinaison de dose x labour	6	0,25	0,04	2,35	6,16	N.S
Erreur (b)	4	0,07	0,01			

Légende : PPDS (Plus petite différence significative) dose = 1,9 cm, CV (Coefficient de variation), NS (Non significative), S (Significative), SC (Somme de carré).

Il ressort des résultats statistiques consignés dans les tableaux ci-haut que la dose, le système de labour et la combinaison de dose et labour n'ont pas influencé le nombre d'épis par plant, $F_{cal} < F_{th}$ au seuil de probabilité de 5 %.

Poids de 1000 grains

Le tableau 11 présente le poids de 1000 grains de maïs.

Tableau 11. Effet des traitements sur le poids de 1000 grains

Système de labour		Dose				Moyenne	Indice
		D ₀	D ₁	D ₂	D ₃		
	S ₁	0,27	0,32	0,333	0,31	0,31	94,25
	S ₂	0,25	0,30	0,316	0,28	0,28	87,31
	S ₃	0,30	0,366	0,325	0,33	0,33	100,00
	Moyenne	0,27	0,33	0,32	0,311		
Indice		82,83	100,00	97,59	95,67		

Légende : D0 (Dose d'engrais minéraux témoins, 0 kg/ha), D1 (Dose d'engrais minéraux 1, 200 kg/ha), D2 (Dose d'engrais minéraux 2, 250 kg/ha), D3 (Dose d'engrais minéraux 3, 300 Kg/ha) ; S₁ (système de labour 0 minimum tillage), S₂ (système de labour en billon), S₃ (système de labour à plat).

Le résumé de l'analyse variance des paramètres étudiés est présenté au tableau 10 ci-dessous.

Tableau 12. Résumé ANOVA

Source de variation	DL	SC	CM	Fcal	Fth 5%	Conclusion
Total dose	11	0,03	0,002			
Dose	3	0,007	0,002	2,50	3,160	N.S
Bloc	2	0,008	0,004			
Erreur (a)	18	0,015	0,0008			
SC Totale	35	0,01	0,0002			
Labour	2	0,002	0,001	0,370	6,940	N.S
Combinaison de dose x labour	6	0,001	0,00016	0,059	6,160	N.S
Erreur (b)	4	0,011	0,0027			

Légende : PPDS (Plus petite différence significative) dose = 1,9 cm, CV (Coefficient de variation), NS (Non significative), S (Significative), SC (Somme de carré).

En considérant le poids de 1000 grains, l'analyse d'ANOVA a montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre les divers paramètres étudiés. ($F_{cal} < F_{th}$) au seuil de probabilité de 5 %. En effet, les traitements appliqués n'ont pas influencé le poids de 1000 grains.

Rendement en grains secs de maïs en tonne/ha

Tableau 13. Effet de traitements sur le rendement en grains sec en tonne /ha

Système de labour		Dose				Moyenne	Indice
		D ₀	D ₁	D ₂	D ₃		
	S ₁	2,39	5,00	5,99	6,03	4,85	80,69
	S ₂	3,40	5,00	6,03	5,99	5,10	84,85
	S ₃	4,35	7,13	7,24	5,36	6,01	100
	Moyenne	3,39	5,71	6,42	5,79		
	Indice	52,64	88,94	100	90,18		

Légende : D₀ (Dose d'engrais minéraux témoins, 0 kg/ha), D₁ (Dose d'engrais minéraux 1, 200 kg/ha), D₂ (Dose d'engrais minéraux 2, 250 kg/ha), D₃ (Dose d'engrais minéraux 3, 300 Kg/ha) ; S₁ (système de labour 0 minimum tillage), S₂ (système de labour en billon), S₃ (système de labour à plat).

Le résumé de l'analyse variance des paramètres étudiés est présenté au tableau 14 ci-dessous.

Tableau 14. Résumé ANOVA

Source de variation	DL	SC	CM	Fcal	Fth 5%	Conclusion
Total dose	11	126,46	11,49			
Dose	3	47,88	15,96	28,00	3,16	S
Bloc	2	8,41	4,20			
Erreur (a)	18	10,42	0,57			
SC TOT GEN.	35	40,14	1,14			
Labour	2	3,25	1,62	0,15	6,94	N.S
Combinaison de dose x labour	6	4,49	0,74	0,07	6,16	N.S
Erreur (b)	4	41,59	10,39			

Légende : PPDS (Plus petite différence significative) dose = 1,9 cm, CV (Coefficient de variation), NS (Non significative), S (Significative), SC (Somme de carré).

En comparant les doses, il y a des différences significatives ($F_{cal} > F_{th}$) au seuil de probabilité de 5 %. La plus petite différence significative (PPDS) est de 0,83 kg, d'où la dose d'engrais a influencé le rendement en grains secs de maïs. Quant au système de labour et la combinaison de doses et labour, il n'y a pas eu de différences significatives ($F_{cal} < F_{th}$) au seuil de probabilité de 5 %. En effet, le système de labour et la combinaison de dose d'engrais et labour n'ont pas influencé le rendement en grains secs de maïs.

4. DISCUSSION

4.1. Paramètres végétatifs

Les résultats de cette étude montrent que l'effet de doses croissantes d'engrais n'influence pas la germination du maïs. Aussi, le labour, n'a pas non plus influencé le taux de germination à la levée. La combinaison de la dose d'engrais et du labour a donné des effets mesurables sur le taux de germination. Aldrish *et al.* (1975) ont signalé que la coléoptile du maïs émerge souvent entre six et dix jours après le semis. En effet, les conditions agro-environnementales (température du sol, humidité, aération, profondeur du semis) ainsi que la viabilité de grains jouent un rôle primordial pour déclencher la germination. Nyembo *et al.* (2012) ont indiqué dans leur étude que ni la variété, ni les interactions variétés et doses d'engrais chimiques n'ont influencé le taux de levée sur la culture de maïs à Lubumbashi. Il se dégage de ce qui précède que les faibles taux de levée obtenus au cours de cette expérimentation ne sont pas liés aux facteurs génotypiques de maïs, mais influencés fortement par les doses d'engrais

appliquées et les conditions édaphiques du milieu d'étude. Du point de vue hauteur de plant à la maturité, les résultats montrent que la dose influence la hauteur des plants à la maturité. Par contre, le labour n'a pas influencé la hauteur des plants à la maturité. Nyembo *et al.* (2012) ont constaté que l'influence du génotype du cultivar serait masquée par celui de l'environnement. En effet, en ce qui concerne les doses d'engrais minéraux appliquées, il apparait que la hauteur a augmenté en fonction des doses appliquées et elle est restée faible sur les parcelles non fertilisées. La grande taille des plantes observée sur les parcelles fertilisées aux fortes doses d'engrais minéraux serait plus liée à la quantité d'azote apportée. Par ailleurs, l'azote est un des éléments importants pour la vie des plantes. Extrait de l'air par quelques plantes (légumineuses) ou du sol, il en est le moteur et sert à construire toutes les parties vertes qui assurent la croissance et la vie des plantes (FAO, 2005). La dose a une influence sur la hauteur de l'insertion de l'épi. Nsimba *et al.* (2019) ont relevé une influence significative de l'application des engrais. Les parcelles non

fertilisées ont donné des plantes avec une faible hauteur à l'insertion de l'épi et les deux variétés de maïs à leur essai ont donné des hauteurs à l'insertion de l'épi similaire.

4.2. Paramètres de production

L'effet de dose croissante a influencé le rendement en grains secs de maïs. Diepenbrock *et al.* (1995) ont obtenu des rendements en grains plus élevés avec une augmentation de la dose de la fertilisation azotée. Grant *et al.* (1999) qui ont obtenu des augmentations de rendements suite à l'application d'engrais azotés. Ils ont également indiqué que l'application d'azote entraînait plutôt une réduction des rendements en grains lorsque la verse est présente. Diepenbrock et Pörksen (1992) qui ont étudié des fertilisations de 40 et 80 kg N ha⁻¹ ont indiqué que l'effet de la fertilisation azotée sur la productivité du lin est généralement faible. Pour ce qui concerne l'apport des engrais, Pypers *et al.* (2010) ont trouvé que les engrais augmentent de 40 à 100 % le rendement des cultures dans les sols Kalongo et Civu, dans le Sud-Kivu en République Démocratique du Congo. Ces résultats corroborent ceux obtenus dans cette étude dans la mesure où il y a eu augmentation du rendement de plus de 100 % dans les différentes parcelles traitées avec les engrais minéraux.

5. CONCLUSION

L'étude avait pour but d'évaluer l'effet des doses d'engrais minéraux (NPK et Urée) sous différents systèmes de labour (variété Babungo) sur la culture de maïs dans les conditions édapho-climatique de Kananga. Hormis le Témoin (D₀), trois doses complexes (NPK) et trois modes de préparation de terrain (labour zéro, à plat et en billon) y sont associés. Pour matérialiser cette investigation sur terrain, il a été adopté le dispositif expérimental en Split plot qui présente l'avantage d'offrir une précision accrue au niveau des facteurs en sous-parcelles et des interactions entre ces facteurs et les facteurs parcelles principales. Les observations et mensurations ont porté sur les principaux paramètres ci-après : le taux de germination, la hauteur d'insertion de l'épi, le rendement en grains secs de maïs, le nombre d'épis par plant, le poids de mille graines par parcelle et le rendement estimatif. Les données enregistrées de ces observations et mensuration ont été soumises à l'analyse de variance au seuil de probabilité de 5 %, arithmétiques et de la variance (ANOVA). Ainsi, l'utilisation de la dose de 250 kg NPK par hectare et 100 kg de l'Urée par hectare est compatible avec les sols du site d'étude. Toutefois, il est important que d'autres études similaires soient entreprises dans les mêmes conditions agro-écologiques avec d'autres variétés améliorées de maïs enfin d'avoir les informations susceptibles de contribuer à l'augmentation de la

production des maïs auprès des agriculteurs qui s'y adonnent.

Références

- Aldrich S.R., Scott W.O. & Leng E.R., 1975. *Modern corn production*. A and L Publications, Champaign, II.
- Anonyme, 1982. *Encyclopédie pratique de maïs*, 620 p.
- Anonyme, 1993. *Mémento de l'agronome*. 4^{ème} éd., Collection technique en Afrique, 651 p.
- Anonyme, 2002. *Carte géographique de Shaba*. Institut national géographique, 102 p.
- Anonyme, 2002. *Mémento de l'agronome*, série technique, 131 p.
- Anonyme, 2009. *Statistique des productions agricoles et politique nationale de développement du sous-secteur des semences*. Service national de Semences, semence projet CTB, 2009
- Bruneau J.C. & Pain, 1990. *Atlas de Lubumbashi*. Université Paris X, Natemée Centre d'étude géographique sur l'Afrique Noir (GEGAN)
- Cordonnier & Pet Col., 1977. *Economie de l'entreprise agricole, préparation de décision*. Ed. CUJAS, Paris, 396-397 p.
- Dembele A., 2014. *Réponse du maïs (Zea mays L.) au compost ou au fumier sur des sols amendés avec les raméaux fragmentés de Piliostigma reticulatum (D. C.) Hochst*. Mémoire de DEA, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 64 p.
- Diepenbrock W.A., Léon J. & Clasen K., 1995. Yielding ability and yield stability of linseed in Central Europe. *Agronomy Journal*, 87, 84–88.
- FAO, 2005. *Notions de nutrition de plantes et de fertilisation des sols : Manuel de formation, projet intrants*. Niger, 24 p.
- Gillain J., 1953. *Zootechnie générale, organisation et exploitation des élevages du Congo-Belge*, Tome 1, Publication de la Direction de l'Agriculture, des forêts et de l'élevage, Bruxelles, 205 p.
- Grant C.A., Dribnenki J.C.P. & Bailey L.D., 1999. A comparison of the yield response of solin (cv. Linola 947) and flax (cvs. McGregor and Vimy) to application of nitrogen, phosphorus, and Provide (*Penicillium bilaji*). *Canadian Journal of Plant Sciences*, 79, 527–533.
- Morize J., 1982. *Manuel pratique de vulgarisation agricole*. Volume 1, éd. Moissonneuse et rose, 300 p.
- Mulaji K.C., 2010. *Utilisation des composts de bio déchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (RDC)*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 172 p.
- Nsimba Nsiku D., Asanzi Mbeyame C. & Mudimbiyi P., 2019. Effets des doses croissantes d'azote et de phosphore sur deux variétés du maïs (*Zea mays* L. var Mudishi1 et Pan53) dans les conditions édapho-climatiques de Kinshasa. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 2(1), 52-59

Nyembo Kimuni L., Useni Sikuzani Y., Mpundu Mubemba M., Bugeme Mugisho D., Kasongo Lenge E., Baboy Longanza 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.

Vanden Abeele M. & Vanden Put R., 1956. *Les principales cultures du Congo-Belge*. Publication de la Direction de l'Agriculture, Elevage et de la colonisation, Bruxelles-Belgique, 182 p.