

Les faibles doses d'engrais azotés ne permettront pas d'optimiser le rendement des nouvelles variétés de maïs dans la région de Lubumbashi (RD Congo)

[Low doses of nitrogen fertilizers will not allow to optimize the performance of new maize varieties in the region of Lubumbashi (DR Congo)]

Nyembo Kimuni Luciens¹, Banza Mukalay John¹, Salima Binti Selemani Nelly¹, Tshipama Tamina Dominique², Kilumba Kabemba Maurice², Mpoyo Mutamba Gabriel², Langunu Serge¹, and Muteba Kolela Michel³

¹Département de Phytotechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, B.P 1825, Lubumbashi, RD Congo

²Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques, Station de KIPOPO, RD Congo

³Institut Supérieur Pédagogique (ISP/Lubumbashi), RD Congo

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Congolese agriculture is still largely extensive, characterized by low yields. For maize, the yields obtained in rural areas are about 10 times less than the potential of the culture; low soil fertility levels coupled with the use of non-performance equipment are the major causes. This test was installed following a split plot design to evaluate the effects of increasing doses of nitrogen fertilization on the behavior of two varieties of maize (UNILU and Katanga). The main plots included two varieties of maize and secondary plots, the different levels of mineral fertilizers (N0 = 0kg, N1 = 30kg, 60kg = N2, N3 = 90kg, 120kg = N4, N5 = 150kg, N6 = 180kg, N7 = 210 kg urea per hectare). The results show similarities between the two varieties and significant differences were obtained with N rates on flowering insertion height, to flowering days and maize yield. However, the analysis of variance indicates that the different nitrogen inputs did not influence maize emergence and its lodging resistance. However, the high rates of nitrogen have led early onset of inflorescences and allowed obtaining large plants. The dose N4 has a higher acceptability index compared to other doses it would be most advisable.

KEYWORDS: maize, nitrogen fertilization, yield, varieties.

RESUME: L'agriculture congolaise est encore largement extensive, se caractérisant par de faibles rendements. S'agissant du maïs, les rendements obtenus en milieux paysans sont d'environ 10 fois moins au potentiel de la culture; le faible niveau de fertilité de sols couplé à l'utilisation du matériel non performant sont les causes majeures. Cet essai a été installé suivant un dispositif split plot pour évaluer les effets des doses croissantes de la fertilisation azotée sur le comportement de deux variétés de maïs (Unilu et Katanga). Les parcelles principales comprenaient deux variétés de maïs et les parcelles secondaires les différents niveaux d'apport d'engrais minéraux (N0= 0kg, N1= 30kg, N2= 60kg, N3= 90kg, N4= 120kg, N5=150kg, N6=180kg, N7=210kg d'urée à l'hectare). Les résultats obtenus montrent des similarités entre les deux variétés et des différences significatives ont été obtenues avec les doses de N sur la hauteur à l'insertion des inflorescences, jours à la floraison et le rendement. Toutefois l'analyse de la variance indique que les différents apports d'azote n'ont pas influencé la levée et la résistance à la verse chez le maïs. En revanche, les fortes doses d'azote ont entraîné une apparition précoce des inflorescences et ont permis l'obtention des plantes de grande taille. La dose N4 qui présente un indice acceptabilité élevé comparativement aux autres doses serait la plus recommandable.

MOTS-CLEFS: maïs, azote, fertilisation, rendement, variétés.

1 INTRODUCTION

L'économie des pays de l'Afrique sub-saharienne en général et celle de la République Démocratique du Congo en particulier repose sur l'agriculture, du fait que ce secteur emploie plus de 80% de la population, bien que contribuant faiblement au produit intérieur brut. Les aires de culture et la production sont majoritairement dominées par les céréales par ordre d'importance le maïs et le riz. Le maïs est cependant, constitue l'aliment la plus importante et sa consommation ne fait que croître sous les efforts conjugués de la croissance démographique, de l'urbanisation et des changements d'habitude alimentaire. La production nationale a sensiblement augmenté ces dernières décennies grâce aux mesures prises par les autorités mais, reste inférieure au besoin de la population. Malgré ces efforts, En République Démocratique du Congo (RDC), les rendements du maïs restent faibles et la moyenne nationale est de 0,8 à 1 t/ha⁻¹ [1]. En outre, au Katanga où le rendement moyen du maïs est passé de 1,2 t/ha⁻¹ en 1994 (Nyembo, 2010) à 0,77 t/ha⁻¹ en 2010 [2; 3], la demande globale en 2008 était de 988.156 tonnes et l'offre de 500.854 tonnes, soit un rapport offre/demande de plus ou moins 0,5. Cette situation avait créé une insécurité alimentaire à environ 9 million d'habitants [4]. Pour combler ce déficit alimentaire la population fait recourt à des importations provenant d'Afrique australe. Toutefois, cette stratégie est de plus en plus controversée dans la mesure où ces importations absorbent une part importante des devises de pays alors que leurs recettes d'exportations sont souvent très fragiles [5; 6].

Pour pallier aux baisses des rendements de maïs, plusieurs pistes peuvent être envisagées : la fertilisation minérale par les engrais chimiques [2; 3; 7; 8], la fertilisation organique [9; 10; 11; 12], l'utilisation des techniques culturales par la pratique des associations culturales, et des rotations et des assolements [8; 13]. L'infertilité du sol associée à la forte pression des maladies et ravageurs contribuent largement à la baisse de rendement en maïs grains. S'agissant des problèmes liés à l'infertilité des sols, la déficience en azote est cruciale. En effet, l'azote joue un rôle important dans l'augmentation du rendement du maïs, en optimisant l'utilisation du phosphore, du potassium et des autres éléments par la plante [14]. Parallèlement, la carence et l'excès d'azote entraînent une baisse de rendement en culture de maïs. Le recours aux engrais azotés est donc un facteur clé de la modernisation de l'agriculture des pays en développement.

Les références [15] et [16] ont démontré que les rendements du maïs et ses composantes augmentent en fonction de la quantité d'azote apportée. Cette étude a pour objectif d'évaluer les effets de doses croissantes de la fertilisation azotée sur le comportement de deux variétés de maïs. L'objectif spécifique est la détermination de la dose optimale d'engrais azoté à appliquer pour chaque variété en vue d'accroître le rendement.

Les hypothèses du travail sont : les doses croissantes de la fertilisation azotée augmenteraient le rendement en maïs grain de ces deux variétés de maïs, Il existerait une dose optimale pour la fertilisation azotée de ces deux nouvelles variétés de maïs, les deux nouvelles variétés de maïs présenteraient des comportements différentes dans les conditions édaphoclimatiques de la région de Lubumbashi.

2 MILIEU, MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU SITE

L'essai a été conduit au cours de la saison culturale 2012-2013 à la ferme Kasapa, au Nord-ouest de la ville de Lubumbashi (RDC), à 18 km du centre-ville. Le site se situe à 1243 m d'altitude, 11°39' de latitude Sud et 27°28' de longitude Est. La ville de Lubumbashi est caractérisée par un climat du type Cw6 de la classification de Köppen et elle est caractérisée par une période de croissance normale d'une durée moyenne de 182 jours, constituée par une période humide d'environ 150 jours [17]. Du point de vue du climat régional, Lubumbashi et ses environs sont caractérisés par une température moyenne annuelle de 20°C [18]. Octobre et novembre sont les mois les plus chauds avec une moyenne des maxima journaliers de 32°C et une température moyenne mensuelle de 23°C. Par contre, le mois de juillet est le mois le plus froid avec la moyenne des minima journaliers de 8°C, la température moyenne mensuelle étant de 17°C [19].

2.2 MATÉRIEL

Les semences de deux variétés de maïs, Katanga et Unilu ont été utilisées. Ces deux variétés ont été mises au point par la Faculté des Sciences Agronomiques de l'université de Lubumbashi. Les deux variétés sont plus préférées par les paysans de la région de Lubumbashi pour leur adaptation aux conditions de l'environnement, leur résistance à certaines maladies et insectes et leur rendement élevé (6 à 8 tonnes/ha-1) à une densité de 53333 plants ha⁻¹ et la faible taille des plantes qui les rend moins sensibles à la verse. L'engrais NPK (10-20-10) a été appliqué au semis comme engrais de fond à la dose de 6 g par

poquet, soient 300 kg par hectare et un équivalent en éléments fertilisant de 30 kg de N, 60 kg de P₂O₅ et 30 kg de K₂O par hectare et l'urée (46% d'azote) a été appliquée à différentes doses allant de 30 à 210 Kg d'azote par hectare.

2.3 MÉTHODES

L'essai a été installé suivant un dispositif split plot. Les parcelles principales comprenaient les variétés de maïs (var Unilu et Katanga) et les parcelles secondaires les doses des engrais minéraux (N₀= 0kg, N₁= 30kg, N₂= 60kg, N₃= 90kg, N₄= 120kg, N₅=150kg, N₆=180kg, N₇=210kg d'urée à l'hectare.

Au début de la campagne d'octobre 2012, la parcelle a été labourée à la charrue et les résidus brûlés ont été enfouis. L'engrais minéral NPK (10-20-10-6) a été appliqué au semis alors que l'urée a été appliquée au 30^{ème} jour après semis. Le maïs a été semé à une densité de 53333 plantes par hectare. Deux sarclages manuels ont été effectués à 4 et à 7 semaines après les semis. En cours de la végétation, les nombres de jours à la floraison (mâle et femelle) ont été déterminés par la différence de nombre des jours entre la date de l'apparition des inflorescences (au moins 50% sur une parcelle) et la date de semis; la hauteur à l'insertion des épis a été mesurée.

A la maturité, les quatre lignes de chaque traitement ont été récoltées et le rendement grain ajusté à 14% d'humidité. En revanche, le poids de 1000 grains, et le rendement ont été déterminés. L'analyse de variance (ANOVA) et la séparation des moyennes ont été utilisées pour déterminer les différences entre les traitements à l'aide du logiciel Minitab 16 et les moyennes qui n'étaient pas normalement distribuées, le test de Tukey a été appliqué. Une corrélation a été établie entre les doses d'azote et le rendement. Et un indice d'acceptabilité (IA) a été calculé pour identifier le meilleur traitement facilement adoptable par les cultivateurs. Cet indice compare la rentabilité des nouveaux traitements au traitement de référence bien connu par les paysans. C'est donc le rapport des bénéfices des deux traitements: IA= Bénéfice du traitement/Bénéfice du témoin [11].

3 RESULTATS

3.1 COMPORTEMENT DES VARIETES DE MAÏS

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que les deux variétés de maïs sont similaires (tableau1).

Tableau 1. Synthèse des résultats (moyenne ±Ecart-Type) obtenus sur le comportement des variétés de maïs. Les différentes lettres indiquent des différences significatives et les mêmes lettres, les différences non significatives après comparaison des moyennes par le test de Tukey (P = 0, 05).

Paramètres	Variétés		P
	Unilu	Katanga	
Hauteur à l'inflorescence mâle (cm)	159,5±43,1	153,8±46,9	0,661
Jours à la floraison mâle (50%)	66,5±2,4	66,9±2,3	0,542
Jours à la floraison femelle (50%)	74,4±2,7	74,7±2,6	0,710
Résistance à la verse (50%)	69,7±23,6	70,8±28,1	0,734
Poids moyen de 1000 grains (g)	267,3±18,0	259,0±26,8	0,215
Rendement moyen en maïs grains (t/ha ⁻¹)	3,1±2,1	3,8±2,1	0,220

3.2 INFLUENCE DES NIVEAUX DE LA FERTILISATION AZOTEE SUR LES PARAMETRES DE CROISSANCE ET DE RENDEMENT

Les résultats obtenus (tableau 2) montrent des différences significatives entre les doses de N, pour ce qui est des paramètres hauteur à l'insertion des inflorescences, jours à la floraison et le rendement. Toutefois les faibles doses d'azote ont entraîné une application tardive inflorescences males et femelles que celles qui ont reçu les fortes doses d'N. En revanche, le rendement le plus élevé n'a été obtenu que sur les parcelles ayant reçu 120 et 150 kg N contre 0,8 tonne/ha sur les témoins non fertilisés. En ce qui concerne l'indice d'acceptabilité les résultats montrent que la dose N₄ qui présente un IA élevé comparativement aux autres doses avec le faible pouvoir d'achat de la plupart des paysans de la zone d'étude est la plus recommandable.

Tableau 2. Influence des niveaux de la fertilisation azotée sur les paramètres végétatifs du maïs. Moyenne \pm Ecart-Type. Le lettres indiquent des différences significatives après comparaison des moyennes par le test de Tukey ($P = 0,05$) N0= 0kg d'urée à l'hectare, N1= 30kg d'urée à l'hectare, N2= 60kg d'urée à l'hectare, N3= 90kg d'urée à l'hectare, N4= 120kg d'urée à l'hectare, N5=150kg d'urée à l'hectare, N6=180kg d'urée à l'hectare, N7=210kg d'urée à l'hectare. HIM=hauteur à l'inflorescence mâle, JFM= jours à la floraison mâle, JFF= jours à la floraison femelle, RV= résistance à la verse, PMG= poids de mille graines, RDT= rendement en maïs grain, IA= Indice d'Acceptabilité.

	Niveau d'azote							P	
	N0	N1	N2	N3	N4	N5	N6		N7
HIM	89,9 \pm 20,9c	103,1 \pm 28,2bc	148,7 \pm 10,3ab	174,3 \pm 35,8a	183,5 \pm 27,2a	184,2 \pm 23,6a	194,7 \pm 27,8a	174,8 \pm 30,6a	0,000
JFM	68,0 \pm 1,1ab	68,3 \pm 1,0a	68,7 \pm 0,8a	67,3 \pm 2,6abc	67,0 \pm 1,8abc	65,3 \pm 1,5abc	64,6 \pm 2,3bc	64,3 \pm 2,4c	0,000
JFF	76,0 \pm 1,1ab	76,0 \pm 1,5ab	77,0 \pm 0,0a	77,2 \pm 2,9abc	75,0 \pm 1,8abc	73,2 \pm 1,8abc	72,2 \pm 2,8bc	71,7 \pm 2,8c	0,000
RV	66,3 \pm 27,6	59,8 \pm 32,3	79,4 \pm 10,5	72,8 \pm 16,3	84,1 \pm 24,5	60,5 \pm 34,7	82,2 \pm 20,4	57,0 \pm 28,1	0,516
PMG	242,9 \pm 26,7	265,7 \pm 12,0	258,8 \pm 16,9	263,3 \pm 11,6	276,9 \pm 25,1	263,5 \pm 35,5	278,9 \pm 17,5	255,1 \pm 19,0	0,141
RDT	0,8 \pm 0,3b	3,1 \pm 1,7ab	3,3 \pm 1,3ab	3,3 \pm 1,3ab	4,5 \pm 1,5a	4,4 \pm 3,5a	3,8 \pm 2,3ab	4,2 \pm 1,8ab	0,049
IA	-	2,6	2,4	2,2	3,4	3,0	2,2	2,5	-

3.3 INFLUENCE DE LA VARIETE ET DE LA FERTILISATION AZOTEE SUR LE COMPORTEMENT DU MAÏS.

Les résultats obtenus (tableau 3) révèlent que les deux variétés de maïs et les différents niveaux d'apport de N n'induisent pas d'effets significatifs sur les différents paramètres observés chez le maïs. Toutefois, les fortes doses d'azote ont entraîné une apparition précoce des inflorescences et ont permis l'obtention des plantes de grande taille. Les rendements et le poids de 1000 grains ont été similaires. Les résultats d'Indice d'acceptabilité montrent que la dose N1 est la plus rentable avec la variété Unilu et la dose N5 pour la variété Katanga.

Tableau 3. Effets de la variété et de la dose de N sur la croissance de Zea mays L. Moyenne \pm Ecart-Type. Les différentes lettres indiquent des différences significatives et les mêmes lettres, les différences non significatives après comparaison des moyennes par le test de Tukey ($P = 0,05$); HIM= hauteur de plantes à l'inflorescence mâle ; HIE= hauteur à l'insertion de l'épi ; JFM= jour à la l'inflorescence mâle et JFF= jour à l'inflorescence femelle, RV= résistance à la verse; PMG= poids moyen de 1000 graines, RDT= rendement en maïs grain ; IA= Indice d'Acceptabilité ; N0= 0kg, N1= 30kg, N2= 60kg, N3= 90kg, N 120kg, 5=150kg, N6=180kg, N7=210kg d'urée/ha.

variétés	Niveau	HIM	HIE	JFM	JFF	RV	PMG	RDT	IA
Unilu	N0	84,0 \pm 22,5c	30,9 \pm 6,5d	68,3 \pm 1,2ab	76,3 \pm 1,2ab	88,9 \pm 19,3	241,5 \pm 30,6	0,8 \pm 0,2	-
	N1	91,4 \pm 38,4c	32,9 \pm 11,1cd	67,7 \pm 1,2abc	75,0 \pm 1,7abc	72,1 \pm 38,5	269,0 \pm 15,0	3,4 \pm 1,7	3,1
	N2	152,2 \pm 8,7abc	69,5 \pm 14,8abcd	69,0 \pm 0,0a	77,0 \pm 0,0a	76,6 \pm 15,3	253,5 \pm 14,9	4,3 \pm 0,7	3,8
	N3	185,5 \pm 41,4ab	86,6 \pm 28,0ab	67,0 \pm 3,5abc	74,7 \pm 4,0abc	82,0 \pm 15,9	255,1 \pm 8,9	4,3 \pm 1,1	3,6
	N4	187,9 \pm 27,5ab	83,6 \pm 6,4ab	67,0 \pm 2,0abc	75,0 \pm 2,0abc	78,4 \pm 37,4	283,7 \pm 33,2	4,2 \pm 2,1	3,2
	N5	186,7 \pm 22,4ab	81,2 \pm 16,5ab	65,7 \pm 1,2bcd	73,7 \pm 1,2abcd	56,1 \pm 40,2	253,9 \pm 51,1	3,8 \pm 3,4	2,5
	N6	179,4 \pm 24,4ab	82,2 \pm 19,4ab	65,7 \pm 3,1bcd	73,3 \pm 3,5bcd	73,3 \pm 23,8	268,8 \pm 20,5	4,6 \pm 2,9	3,3
Katanga	N7	163,1 \pm 24,6abc	71,1 \pm 10,1abcd	65,0 \pm 3,5cd	72,3 \pm 4,0cd	39,6 \pm 22,8	246,7 \pm 25,8	5,2 \pm 1,3	3,8
	N0	95,9 \pm 21,8c	44,5 \pm 14,3bcd	67,7 \pm 1,2abc	75,7 \pm 1,2abc	43,7 \pm 1,7	244,3 \pm 29,1	0,9 \pm 0,5	-
	N1	114,7 \pm 9,8bc	50,1 \pm 4,9abcd	69,0 \pm 0,0a	77,0 \pm 0,0a	47,5 \pm 26,9	262,5 \pm 10,1	2,8 \pm 2,1	2,1
	N2	145,2 \pm 12,3abc	66,2 \pm 6,4abcd	68,3 \pm 1,2ab	77,0 \pm 0,0a	82,3 \pm 3,9	264,3 \pm 20,1	2,3 \pm 0,9	1,1
	N3	162,9 \pm 33,3abc	67,3 \pm 14,4abcd	67,7 \pm 2,3abc	75,7 \pm 2,3abc	63,7 \pm 12,7	271,6 \pm 7,2	2,3 \pm 0,0	1,0
	N4	179,0 \pm 32,2ab	95,2 \pm 16,7a	67,0 \pm 2,0abc	77,0 \pm 2,0abc	89,8 \pm 1,9	270,2 \pm 18,2	4,8 \pm 0,8	3,5
	N5	181,6 \pm 29,5abc	84,3 \pm 14,8ab	65,0 \pm 2,0cd	72,7 \pm 2,5cd	64,9 \pm 36,5	273,0 \pm 16,3	5,1 \pm 4,2	3,7
N6	210,2 \pm 25,2a	82,3 \pm 26,2ab	63,7 \pm 1,2d	71,0 \pm 1,7d	91,2 \pm 15,3	289,2 \pm 5,9	3,1 \pm 1,6	1,3	
N7	186,6 \pm 36,4ab	79,8 \pm 16,3abc	63,7 \pm 1,2d	71,0 \pm 1,7d	74,4 \pm 23,3	263,5 \pm 4,9	3,3 \pm 2,1	1,3	
P		0,000	0,000	0,018	0,015	0,269	0,438	0,199	-

3.4 CORRELATION ENTRE LES NIVEAUX D'AZOTE ET LE RENDEMENT EN MAÏS GRAIN.

Il ressort de la figure 1 qu'il existe une corrélation positive entre les doses d'engrais et le rendement. Ceci implique que l'ajout de l'azote entraîne l'augmentation des rendements.

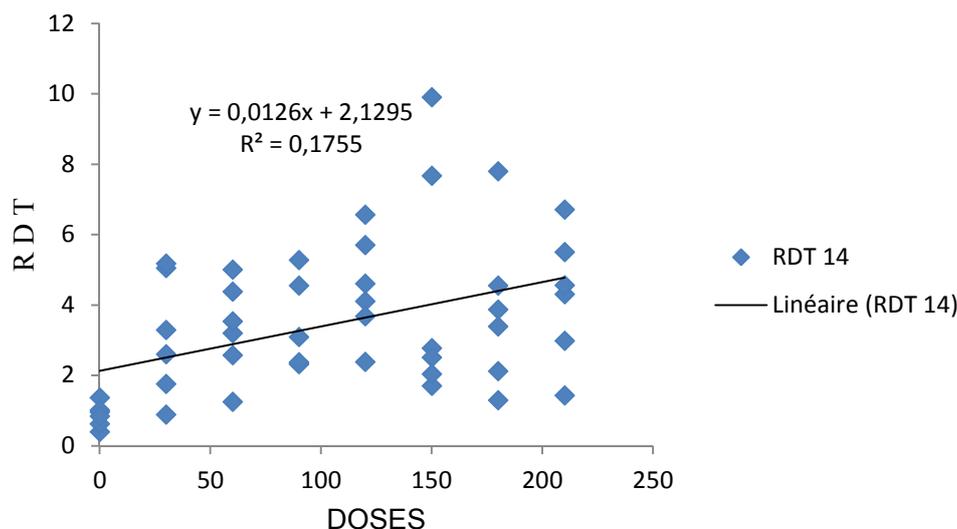


Fig. 1. Corrélation entre les niveaux de l'azote et le rendement en maïs grain

4 DISCUSSION

Les résultats obtenus dans le présent essai indiquent que les deux variétés de maïs ont des comportements similaires, au regard des résultats de l'analyse de la variance. Ceci se justifierait par leur génotype. Plusieurs études conduites à Lubumbashi ont souligné la performance de ces variétés [20; 21], ont démontré que 20 variétés améliorées en provenance de Pannar ont donné des rendements similaires aux deux variétés améliorées produites par la Faculté des Sciences Agronomiques, Unilu et Katanga. Il existe de différences significatives entre les doses de N, pour ce qui est des paramètres hauteur à l'insertion des inflorescences, jours à la floraison et rendement. En effet, le rendement le plus élevé n'a été obtenu que sur les parcelles ayant reçu 120 et 150 kg N contre 0,8 tonne/ha sur les témoins non fertilisés. De même, les deux variétés (Var Unilu et Katanga) et l'apport des différentes doses de N n'ont pas influencé la résistance à la verse chez le maïs. En revanche, les fortes doses d'azote ont entraîné une apparition précoce des inflorescences et ont permis d'obtenir les plants de grande taille.

En effet, en milieu paysan, avec l'utilisation des variétés locales dégénérées, les rendements du maïs n'excèdent pas une tonne par hectare contre respectivement 6 à 8 tonnes par hectare et 3 à 6 tonnes par hectare en station et dans les grandes exploitations agricoles [4]. En outre, le rendement moyen obtenu (environ 6 tonnes par hectare) se trouve dans la gamme des rendements de 6 à 8 tonnes par hectare obtenus par [1] et [4] dans les conditions de station. Les résultats obtenus dans cette étude sont en parfait accord avec ceux de nombreux chercheurs; la référence [22] a démontré que la dose de 180 kg N est optimale en culture de maïs.

La référence [23] a rapporté que l'application de 200 kg augmente le rendement du maïs. Les références [24] et [16] ont montré que les rendements du maïs et ses composantes augmentent en fonction de la quantité d'azote apportée. La référence [15] signale qu'une application de 160 kg N accroît sensiblement les caractères liés aux épis et les rendements du maïs. La référence [25] a prouvé qu'une fertilisation azotée réduite (entre 80 kg Net 120 kg N) était requise pour accroître le rendement du maïs semé à Lubumbashi. La référence [26] à son tour, a démontré que les effets de la fertilisation azotée et de la densité de semis sont indépendants en culture de maïs et que chaque variété requière une dose spécifique. Cependant l'azote joue un rôle important dans la productivité des cultures et sa déficience est l'un des facteurs limitant la production des céréales [27]. Ce qui justifie la corrélation positive entre les doses d'azote et les rendements en maïs grains. Le déficit de l'azote entraîne donc une baisse des rendements de maïs; ce qui justifie les résultats obtenus sur les parcelles témoins. En effet, l'azote est l'élément le plus important pour la vie des plantes. Extrait de l'air par quelques plantes cas des 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 [28].

5 CONCLUSION

Des doses croissantes de N ont été testées sur deux variétés de maïs (Unilu et Katanga) en vue de déterminer, pour chaque variété, la dose optimale qui induirait l'augmentation de rendement. L'essai a été installé suivant un dispositif split

plot. Les parcelles principales comprenaient les variétés de maïs (variétés Unilu et Katanga) et les parcelles secondaires les doses des engrais minéraux (N0= 0kg, N1= 30kg, N2= 60kg, N3= 90kg, N4= 120kg, N5=150kg, N6=180kg, N7=210kg d'urée à l'hectare). Les résultats de l'analyse de la variance montrent que les deux variétés de maïs sont similaires et des différences significatives ont été obtenues avec les doses croissantes de N, pour ce qui est des paramètres hauteur à l'insertion des inflorescences, jours à la floraison et le rendement dont le plus élevé n'a été obtenu que sur les parcelles ayant reçu 120 et 150 kg N contre 0,8 tonne/ha sur les témoins non fertilisés. Une corrélation positive entre les doses d'engrais et le rendement a été obtenue. La dose N4 qui présente un indice d'acceptabilité élevé comparativement aux autres doses serait la plus recommandable pour l'intensification de la maïsiculture dans la région de Lubumbashi.

REFERENCES

- [1] Senasem, "2009. *Politique nationale de développement du sous-secteur de semences*". Appui du projet ASS/MINAGRI, Kinshasa RDC, p 56.
- [2] K.L. Nyembo, S.Y. Useni, M.M. Mpundu, M.D. Bugeme, L.M.E. Kasongo, L.L. Baboy, "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* vol 59, pp 4286– 4296, 2012.
- [3] K.L. Nyembo, S.Y. Useni, K.M. Chukiyabo, K.J. Tshomba, N.F. Ntumba, M.E. Muyambo, K.P. Kapalanga, M.M. Mpundu, M.D. Bugeme, L.L. Baboy, "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* vol 65, pp 4945 – 4956, 2013.
- [4] K.L. Nyembo, "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, p 157, 2010.
- [5] L. Temple, M. Moustier, "Les fonctions et contraintes de l'agriculture périurbaine de quelques villes africaines (Yaoundé, Cotonou, Dakar) ", *In, Cah. Agric. Fr.*, Vol 13, n°1, pp 15-22, 2004.
- [6] M. Padilla, "Approvisionnement alimentaire des villes Méditerranéennes et Agriculture Urbaine. *In, Interfaces: agricultures et villes à l'Est et au Sud de la Méditerranée*". Ed. Nasr J et Padilla M, Delta/Ifpo, 2004:79-94 Paris. Projet Intrants, Niger, 24p, 2004.
- [7] J.J. Gigou, "L'azote dans les systèmes de culture du nord et du centre de la Côte d'Ivoire". *In: Munlongoy K., Gueye M., Spencer DSC (Eds). Biological nitrogen fixation and Sustainability of tropical agriculture*. John Wiley and Sons, Chichester, pp 337-394, 1992.
- [8] E. Roose, J. Albergel, G. De Noni, M. Sabir, A. Laouina, "Efficacité de la GCES en milieu semiaride", AUF, EAC et IRD éditeurs, Paris, p 425, 2008.
- [9] F. Ganry, Z.J.L Sanogo, J. Gigou, R. Olivier, "Intensification du système cotonnier-sorgho au Mali-sud fondée sur le fumier et la gestion optimale de la fertilisation. *In : La jachère en Afrique tropicale : Rôles, aménagements, alternatives*", Actes du séminaire International Dakar, 13-16 avr. 1999, vol 1, p 804, 2000.
- [10] B. Jama, C.A. Palm, R.J. Buresh, A.I. Niang, C. Gachengo, G. Nziguheba, "Tithonia as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya", *Agroforestry Systems* vol 49, pp 201-221, 2000.
- [11] F. Kaho, M. Yemefack, T.P. Feujio, J.C. Tchanthaouang, "Effet combiné de feuilles de Tithonia diversifolia et des engrais inorganiques sur le rendement du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au centre du Cameroun", *Tropicultura* vol 29, pp39-45, 2011.
- [12] S.Y. Useni, L.L. Baboy, K.L. Nyembo, M.M. Mpundu, "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* vol 54, pp 3935– 3943, 2012.
- [13] F. Lompo, "Effets induits des modes de gestion de la fertilité sur les états du phosphore et la solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du Burkina-Faso", Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Université de Cocody, Côte d'Ivoire, pp 214, 2008.
- [14] N.C. Brady, "The nature and properties of soils". 10th edition. *Macmillan Publishing Co., New York*, 621 pp., 1990.
- [15] M. Samira, A. Hussein, M.A. Haikeland, A. El-Masry, "Effect of some preceding crops, hill spacing and nitrogen fertilization on yield attributes and grain yield of maize under reclaimed sandy soil conditions in East Delta". *proc. 8th Conf. Agron., Suez Canal Univ, Ismailia, Egypt*, 28-29 Nov. pp: 174-181. *Biosciences* vol 20, pp 1194–1202, 1998.
- [16] H.A. Torbert, K.N. Potter, J.E. Morrison, "Tillage system, fertilizer nitrogen rate and timing effect on corn yields in the Texas Blackland prairie", *Agronomy Journal* vol 93, pp 1119-1124, 2001.
- [17] FAO, "2005. New_LocClim: Local Climate Estimator". FAO Environment and Natural Resources Working Paper, N° 20.
- [18] B.B. Mujinya, F. Mees, P. Boeckx, S. Bode, G. Baert, H. Erens, S. Delefortrie, A. Verdoodt, M.L. Ngongo, E. V. Ranst, "The origin of carbonate in the termite mounds of the Lubumbashi area, D.R Congo". *Geoderma* vol 165, 95-105, 2011.

- [19] N. Moulart, "Emission de l'industrie métallurgique à Lubumbashi (Shaba-Zaïre) et conséquences sur l'environnement". Mémoire Faculté Agronomique de Gembloux-Belgique, p 50, 1992.
- [20] S.Y. Useni, K.M. Chukiyabo, K.J. Tshomba, M.E. Muyambo, K.P. Kapalanga, N.F. Ntumba, K.P. Kasangij, K. Kyungu, L.L. Baboy, K.L. Nyembo, M.M. Mpundu, "Utilisation des déchets humains recyclés pour l'augmentation de la production du maïs (*Zea mays* L.) sur un ferralsol du sud-est de la RD Congo", *Journal of Applied Bioscience* vol 66, pp 5070 – 5081, 2013.
- [21] K.L. Nyembo, T.H. Ilunga, M.E. Muyambo, O.A. Ekondo, B. L. M. Assani, L.A. Kanyenga, M. M. Mpundu, L.L. Baboy, "Influence de la fertilisation à base des déchets humains recyclés, des engrais minéraux et de leur combinaison sur le comportement de 3 variétés de maïs (*Zea mays* L.)". *Journal of Applied Biosciences* vol 77, pp 6500– 6508, 2014.
- [22] G. Hardas, H.M.K. Aragiaanne, "Long term fertilizer trail in the Kopais area with a two-year rotation of maize and wheat. In: The effect of N.P. and K. application on yield". *Georgike Ereuna* vol 9, pp 81-90., 1985.
- [23] D.P. Singh, N.S. Rana, R.P. Singh, "Growth and yield of winter maize (*Zea mays* L) as influenced by intercrops and nitrogen application", *Indian. Agronomy Journal* vol 45, pp 515-519, 2000.
- [24] F.T. El-Sheikh, "Effect of soil application of nitrogen and foliar application with manganese on grain yield and quality of maize (*Zea mays*, L) proc", 8th Conf. Agron., SuezCanal Univ., *Ismailia, Egypt* vol 28, pp 174-181, 1998.
- [25] S.Y. Useni, L.A. Mwema, L. Musambi, M.M.D. Chinawzej, K.L. Nyembo, "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* vol 74, pp 6131– 61, 2014.
- [26] M.R. Carlone, W.A. Russell, "Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding", *Crop Science* vol 27, pp 370-465, 1987.
- [27] FAO, "Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols. Manuel de formation, ferralsol du sud-est de la RD Congo", *Journal of Applied Biosciences* vol 66, pp 5070 – 5081, 2005.
- [28] P.Y.K Sallah, S. Mukakalisa, A. Nyombayire, P. Mutanyagwa, "Response of two maize varieties to density and nitrogen fertilizer in the highland zone of Rwanda", *Journal of Applied Biosciences* vol 20, pp 1194–1202, 2009.
- [29] FAO, "Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols. Manuel de formation, ferralsol du sud-est de la RD Congo", *Journal of Applied Biosciences* vol 66, pp 5070 – 5081, 2005.