



Influence de la date de semis et de la fertilisation inorganique sur le rendement de nouveaux hybrides de maïs (*Zea mays* L.) à Lubumbashi

Useni Sikuzani Yannick¹, Kanyenga Lubobo Antoine¹, Assani Bin Lukangila¹, Ekondo Okese Augustin¹, Baboy Longanza Louis^{1&2}, Ntumba Katombe Becker³, Mpundu Mubemba Michel^{1&4*}, Nyembo Kimuni Luciens^{1*}

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

²Colaborateur scientifique au service d'Écologie du paysage et systèmes de production végétale, École interfacultaire de Bioingénieurs, Université Libre de Bruxelles, Belgique ;

³Section Gestion de l'eau et fertilité du sol, Antenne Gestion des Ressources Naturelles, Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomiques, Station de Kipopo, RD Congo BP 224

⁴Ecole Supérieure d'Hôtellerie et Tourisme, Université de Lubumbashi, B.P 1825 Lubumbashi, RD Congo.

Correspondance : luciensnyembokimuni@gmail.com, michelpundu@gmail.com,

Original submitted in on 11th January 2014. Published online at www.m.elewa.org on 30th April 2014. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v76i1.3>

RESUME

Objectifs : L'objectif de cette étude était d'évaluer l'influence du génotype, de la date de semis et de la fertilisation inorganique (en 2008 et 2009) sur le rendement du maïs.

Méthodologie et résultats : Un dispositif en split-plot comportant 2 génotypes de maïs semés à 4 dates retenues (15 novembre, 30 novembre, 15 décembre et 30 décembre) d'une part et de l'autre 8 génotypes et 4 doses de fertilisants inorganiques (D0=sans fertilisation, D1=150kg NPK+100 kg Urée, D2=300 kg Urée+200 kg urée et D3=600 kg Urée+400 kg urée), a été installé. Les génotypes de maïs montrent une réponse statistiquement significative aux apports d'engrais et aux dates de semis. Le rendement le plus élevé a été enregistré avec la dose D3 et la date du 30 novembre ; le Rapport Valeur sur Cout (RVC) étant cependant élevé avec la dose D2.

Conclusion et application de la recherche : La dose D2 et la date du 30 novembre sont à recommander pour l'intensification de la culture du maïs dans la région de Lubumbashi.

Mots clés : génotype, date de semis, fertilisation inorganique, maïs, rendement.

ABSTRACT

Influence of planting date and inorganic fertilization on the yield of new maize (*Zea mays* L.) hybrids in Lubumbashi

Objectives: The objective of this study was to evaluate the influence of the genotype, on the date of seedling and on inorganic fertilization (in 2008 and 2009) on the yield of maize.

Methodology and results: A device in split-plot including 2 genotypes of maize sowed on 4 dates (November 15, November 30, December 15 and December 30) and of the other 8 genotypes and 4 doses of inorganic fertilizer (D0=No fertilization, D1=150kg NPK+100 kg Urea, D2=300 kg NPK+200 kg urea and

D3=600 kg NPK+400 kg urea), was installed. The genotypes of maize showed a statistically meaningful response to the contributions of manure and to the planting dates. The most elevated yield was recorded with the D3 dose and the date of November 30; the Ration Value by Cost (RVC) being raised however with the D2 dose.

Conclusion and application: Thus, the D2 dose and the date of November 30 are recommended for the intensification of the maize crop in the region of Lubumbashi.

Key words: genotype, planting date, inorganic fertilization, maize, yield

INTRODUCTION

Le maïs est l'une des graminées les plus cultivées au monde ; et en Afrique tropicale, il est cultivé sur 94 millions d'hectares (Nyembo, 2010). En République démocratique du Congo (RDC), le maïs occupe la deuxième place parmi les cultures vivrières après le manioc (Anonyme, 2009). Dans le cas de la province du Katanga, la demande globale en 2008 était de 988156 tonnes et l'offre de 500854 tonnes, soit un rapport offre/demande de plus ou moins 0,5 (Nyembo, 2010). Cette situation crée une insécurité alimentaire à environ 9 millions d'habitants. Ce déficit permanent est comblé généralement par des importations provenant d'Afrique australe. En effet, au Katanga, dans le milieu paysan le rendement moyen oscille entre 800 et 1000 kg.ha⁻¹ contre respectivement 3000 à 4000 kg.ha⁻¹ et 6000 à 8000 kg.ha⁻¹ dans les grandes exploitations agricoles et dans les stations de recherche (Adrille, 2003). Les rendements du maïs sont très bas et les facteurs responsables de ce faible niveau de rendement sont la désorganisation complète de la structure agricole, le manque de matériel génétique de bonne qualité, la pauvre fertilité des sols, la pression des maladies et ravageurs, les perturbations climatiques et les mauvaises pratiques culturales (Anonyme, 2009 ; Nyembo et al., 2012 ; 2013). Devant cette situation, plusieurs pistes de solutions peuvent être exploitées pour augmenter le rendement de cette culture de base. C'est ainsi que des recherches ont été orientées vers l'amélioration génétique et des techniques

culturales pour augmenter le rendement du maïs grain à Lubumbashi. Aux Etats-Unis d'Amérique, dans les 100% d'augmentation de rendement de maïs, 40% sont dû à l'amélioration des pratiques culturales (Cardwell, 1982) et 60% sont liés à l'amélioration génétique et les rendements du maïs sont passés de 1 t.ha⁻¹ dans les années 1930 à 7 t.ha⁻¹ dans les années 1990 (Troyer, 1990). Dans le contexte de la province du Katanga, les variétés adaptées aux conditions climatiques ont dégénéré et ne permettent plus de réaliser des bons rendements. Nombreux sont les exploitants qui font recours aux variétés importées non approuvées dans les conditions du Katanga, ainsi les rendements restent toujours bas : 1500 à 3000 kg.ha⁻¹ dans les moyennes exploitations (Nyembo, 2010 ; Useni et al, 2012). Les perturbations climatiques observées au cours de ces dernières années incitent à la révision du calendrier agricole et de l'adapter aux nouvelles conditions environnementales ; la détermination de la dose optimale des fertilisants inorganiques est indispensable dans l'optique d'une agriculture rentable et durable. Des essais ont été menés avec comme objectif général évaluer l'influence du génotype, de la date de semis et de la fertilisation inorganique sur le rendement du maïs avec comme objectifs spécifiques déterminer le génotype le plus performant, le moment de semis optimal et la dose des fertilisants inorganiques qui rentabilise la culture du maïs.

MILIEU, MATERIEL ET METHODES

Cette expérimentation a été conduite au cours des saisons culturales 2007-2008 et 2008-2009 à la station de Recherche de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Lubumbashi (UNILU).

Le site se situe à 1243 m d'altitude, 11°39' de latitude Sud et 27°28' de longitude Est. Le climat de Lubumbashi est caractérisé par l'alternance d'une saison pluvieuse (novembre à avril) et une saison

sèche (mai à septembre), avec octobre et avril comme les mois de transition. Juillet et août sont les mois les plus secs (Mujinya et al., 2011 ; Kasongo et al., 2013). La moyenne des précipitations annuelle est de 1270 mm avec une saison de pluie de 118 jours, alors que la température moyenne annuelle est d'environ 20°C avec une grande stabilité interannuelle. Le taux d'humidité moyenne est de 62 % avec un niveau d'humidité minimum moyenne de 52 % en saison sèche (juin – août) et un maximum de 80 % durant la saison pluvieuse (novembre – mai) (Useni et al., 2012). La couverture pédologique est du type ferrallitique avec un

pH à l'eau oscillant autour de 5,2 (Kasongo et al., 2013). L'essai a été installé sur un bloc ayant porté une longue monoculture du maïs au cours des années antérieures. Sa flore de recolonisation était dominée par *Imperata cylindrica*, *Bidens oligoflora*, *Bidens pilosa*, *Cynodon dactylon* et *Tithonia diversifolia*. La composition chimique du sol du site expérimental est : pH=5,9 ; P₂O₅ total =0,18 p. cent; K₂O total=0,34 p. cent et N total=1,59 p. cent. Les conditions climatiques ayant prévalu au cours de l'essai sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 : Paramètres climatiques au cours de l'expérimentation

| Paramètres climatiques | Saison culturale | Mois | | | | | |
|------------------------|------------------|----------|----------|---------|---------|-------|-------|
| | | Novembre | Décembre | Janvier | Février | Mars | Avril |
| Précipitations (mm) | 2007-2008 | 66 | 289,4 | 396 | 245,1 | 182,1 | 9,2 |
| | 2008-2009 | 123,1 | 256,3 | 162,2 | 262,9 | 215,3 | 54,2 |
| Température (°C) | 2007-2008 | 23,6 | 22,7 | 22,1 | 22 | 21,4 | 22 |
| | 2008-2009 | 21,4 | 20,9 | 21,3 | 20,0 | 20,1 | 20 |

La végétation de Lubumbashi est constituée par trois grands types de formations végétales qui sont : la savane, la steppe et la forêt. La forêt représente plus de 80 % et se présente sous trois aspects : la forêt claire, la forêt édaphique et la forêt sèche (Mujinya et al., 2011). Le site expérimental était dominée par les espèces suivantes : *Imperata cylindrica*, *Pennisetum digitatum*, *Eleusine indica*, *Tithonia diversifolia*, *Panicum maximum*, *Cyperus esculenta* et *Cynodon dactylon*. Les génotypes issus des croisements de deux variétés locales (Babungo et Kasai 1) et 10 variétés en provenance de la Zambie (ZMS 602, ZMS 606, ZMS 736, ZMS 736, SC 621, SC 627 et MM 502) et de la République Sud Africaine (PAN 67, PAN 6363 et PAN 6243) ont été utilisés. Les essais ont été installés suivant un dispositif factoriel à trois répétitions comprenant d'une part les génotypes de maïs comme facteur principal et les moments de semis comme facteur secondaire (M1=15 novembre, M2= 30 novembre, M3= 15 décembre et M4= 30 décembre) et de l'autre les génotypes comme facteur principal et les doses des fertilisants inorganiques comme facteur secondaire (D0= sans fertilisants, D1=150 kg de NPK+100kg Urée, D2=D1*2 et D3= D2*2). Dans la région de Lubumbashi, la dose recommandée est de 300 kg NPK 10-20-10 et 200 kg urée (D2). Au début de la saison culturale 2007-2008, le terrain a été défriché à la machette et les résidus de végétation incorporés au sol pendant le labour manuel à la houe. Au cours de la deuxième saison culturale (2008-2009), les pailles ont

été incorporées au sol lors du labour. L'engrais NPK (10-20-10) a été appliqué au semis alors que l'urée a été appliquée 30 jours après le semis. Les différents génotypes de maïs ont été semés à une densité de 53 333 plantes par hectare, soient les écartements de 75 cm * 25 cm. Deux sarclages manuels ont été effectués à 30 et 45 jours après les semis. A maturité, les quatre lignes du milieu de chaque traitement ont été récoltées manuellement et les grains séchés au soleil ont été testés à l'humidimètre jusqu'à obtenir 15% d'humidité. Par la suite, les rendements de différents traitements ont été obtenus. Les mêmes opérations ont été effectuées au cours de la deuxième saison culturale. Pour ce travail, deux paramètres de rendement ont été retenus : il s'agit du rendement en maïs grain exprimé en tonne par hectare et du rapport valeur sur coût (RVC). Les données brutes recueillies au cours de l'essai et à la récolte ont été traitées par l'analyse de la variance (ANOVA) avec test post hoc (test de DUNCAN) pour la comparaison des moyennes des facteurs étudiés et de leurs interactions. Pour l'analyse économique des traitements, le RVC a été utilisé. Le RVC compare la rentabilité des nouveaux traitements au traitement de référence bien connu par les paysans. C'est donc le rapport entre l'augmentation du rendement du nouveau traitement et le coût de fertilisant du même traitement: $RVC = \frac{\text{valeur de l'augmentation du rendement}}{\text{coût du fertilisant}}$. Si le rapport valeur/coût dépasse 1, l'engrais est rentable, mais la rentabilité est excellente lorsque RVC est ≥ 3

Useni et al. J. Appl. Biosci. 2014. Influence de la date de semis et de la fertilisation inorganique sur le rendement de nouveaux hybrides de maïs à Lubumbashi.

(Useni et al., 2013). Pour le calcul du bénéfice, les charges suivantes ont été retenues : l'achat des engrais minéraux, le transport et l'incorporation dans le sol. Le coût des engrais chimiques est celui observé sur le marché local (55\$/50 kg pour le NPK et 50\$/50kg

pour l'urée) et le coût de la main-d'œuvre pour l'épandage des engrais minéraux a été évalué à 10\$/50 kg. Le prix moyen d'une tonne de maïs dans les différents marchés de Lubumbashi est d'environ 250\$.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse de la variance relative à l'influence des moments de semis sur le rendement du maïs montre une différence hautement significative entre les quatre dates de semis. En effet, le rendement est faible pour la première, la troisième et la quatrième date de semis. La comparaison des moyennes des moments de semis au seuil 5%, entre les différents génotypes, à travers les quatre dates de semis a généré trois groupes

(tableau 2). Le premier est formé par les dates du 15 et 30 novembre en 2008 et celle du 30 novembre seulement en 2009. Le second groupe comprend la date du 15 décembre en 2008 et celles du 15 novembre et 15 décembre en 2009. La date du 30 décembre constitue le troisième groupe avec le faible rendement, respectivement 4090 kg et 5100 kg en 2008 et 2009.

Tableau 2 : Influence de la date de semis sur le rendement de deux génotypes de maïs.

| Génotypes | Moments de semis | Rendement en maïs-grain saison 2007-2008 (kg.ha ⁻¹) | Rendement en maïs-grain saison 2008-2009 (kg.ha ⁻¹) |
|----------------------------------|--------------------|---|---|
| Kasaï 1*PAN 67 | 15 Novembre | 9540 | 11500 |
| | 30 Novembre | 10130 | 11900 |
| | 15 Décembre | 6000 | 10000 |
| | 30 Décembre | 4030 | 5400 |
| Moyenne Kasaï 1*PAN 67 | | 7425a | 9700a |
| Kasaï 1*PAN6363 | 15 Novembre | 9240 | 8600 |
| | 30 Novembre | 9260 | 12300 |
| | 15 Décembre | 4900 | 8700 |
| | 30 Décembre | 4150 | 4800 |
| Moyenne Kasaï 1*PAN6363 | | 6887,5a | 8600a |
| | 15 Novembre | 9390a | 10050b |
| | 30 Novembre | 9865a | 12100a |
| | 15 Décembre | 5450b | 9350b |
| | 30 Décembre | 4090c | 5100c |
| <i>P effets génotypes</i> | | 0,1445 | 0,1443 |
| <i>P effets moments de semis</i> | | 0,001 | 0,001 |
| <i>P interactions</i> | | 0,6075 | 0,4560 |

Les différentes lettres indiquent de différences significatives après le test de DUNCAN : Ces résultats nous permettent de conclure que les conditions climatiques à la première date de semis ont permis de faire coïncider l'apparition des inflorescences aux moments de fortes précipitations contrairement aux deux autres dates de semis. En effet, compte tenu de l'importance de la pluie comme un facteur essentiel pour la production végétale, un semis très précoce et/ou tardif ne fait pas bénéficier à la culture la totalité des précipitations enregistrées pendant la campagne ; et peut dans certains cas être à l'origine de diverses

maladies observées sur la culture. Ces constatations corroborent les résultats de recherches de Basri (1992) et Eyal et al. (1987) qui ont signalé que les semis précoces favorisent l'apparition prématurée des maladies et engendrent ainsi des dégâts élevés par rapport aux semis tardifs. En outre, chez le maïs, la période la plus critique du cycle végétatif, tant pour l'eau que pour la nutrition azotée, s'étend environ 2 semaines avant jusqu'à 3 semaines après la floraison mâle, c'est-à-dire dans les premiers stades de la croissance des grains (Sanogo et al., 2010). Moradapour et al. (2013) évaluant les effets de 3 dates

de semis (30 mai, 9 juin et 19 juin) sur le rendement du riz en Iran, ont montré que le rendement diminue avec le semis précoce et il est passé de 6357 kg.ha⁻¹ sur les parcelles ensemencées le 30 mai à 5576 kg.ha⁻¹ sur celles ensemencées le 19 mai. Des résultats similaires ont été obtenus par Mokhtarpour sur un hybride de maïs, dans la même région d'étude. Néanmoins, Debruin et Pedersen (2008) ont obtenu des effets non significatifs de 4 périodes de semis (Fin avril, début mai, fin main et début juin) sur le rendement du soja dans l'Iowa, aux Etats-Unis d'Amérique. En outre, dans une étude d'évaluation des effets de la date de semis sur le rendement du maïs en Iran, Amjadian *et al.* (2013) ont montré que les rendements étaient faibles pour les semis précoces (9733 kg.ha⁻¹ et 7789 kg.ha⁻¹ pour les semis du 4 et 19 mai), maximal lorsque le maïs est semé à la date du 4 juin (10933kg.ha⁻¹) et très faible pour le semis tardif du 19 juin (2640 kg.ha⁻¹). Quant aux génotypes cependant, les résultats de

l'analyse de la variance ont montré que les deux génotypes ont donné des rendements similaires. Les effets de la date de semis seraient masqués par l'influence du patrimoine génétique (Nyembo, 2010). Ces résultats indiquent en outre que la variété Kasai 1 présente une bonne aptitude générale à la combinaison étant donné que les 2 génotypes issus de son croisement avec les 2 variétés de Pannar donnent des rendements élevés. Le rendement élevé obtenu avec ces deux génotypes de maïs de loin supérieur à celui obtenu en milieu paysan et dans les exploitations agricoles moyennes (respectivement 0,8 à 1 t.ha⁻¹ et 1,5 à 3 t.ha⁻¹) serait dû à l'effet hétérosis. L'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les génotypes de maïs. La dose des fertilisants inorganiques par contre, agit très significativement sur le rendement moyen (Tableau 3). La rentabilité de l'emploi des fertilisants est donnée dans le tableau 4.

Tableau 3. Influence de la fertilisation inorganique sur le rendement de 8 géotypes de maïs*.

| Géotypes | Doses | Rendement en maïs-grain 2007-2008 (kg.ha ⁻¹) | Rendement en maïs-grain 2008-2009 (kg.ha ⁻¹) |
|--|-------|---|---|
| S1BABUNGO*MM502 | D0 | 2300 | 1800 |
| | D1 | 4800 | 4600 |
| | D2 | 9900 | 9100 |
| | D3 | 11600 | 11800 |
| Moyenne S1BABUNGO*MM502 | | 7150 | 6825 |
| S1BABUNGO*ZMS602 | D0 | 1800 | 1800 |
| | D1 | 4500 | 4200 |
| | D2 | 9300 | 8970 |
| | D3 | 12600 | 12400 |
| Moyenne S1BABUNGO*ZMS602 | | 7050a | 6842,5a |
| S1 BABUNGO*ZMS 736 | D0 | 2250 | 1700 |
| | D1 | 3120 | 3400 |
| | D2 | 7110 | 7200 |
| | D3 | 11700 | 10230 |
| Moyenne S1 BABUNGO*ZMS 736 | | 6045a | 5632,5a |
| PAN 6243*PAN 6363 | D0 | 1540 | 1420 |
| | D1 | 3780 | 3270 |
| | D2 | 7740 | 7695 |
| | D3 | 10460 | 9780 |
| Moyenne PAN 6243*PAN 6363 | | 5880a | 5541,25a |
| PAN 6243*SC621 | D0 | 1740 | 1420 |
| | D1 | 2970 | 3270 |
| | D2 | 6060 | 5950 |
| | D3 | 10770 | 9780 |
| Moyenne PAN 6243*SC621 | | 5385a | 5105a |
| KASAI 1*(S1MM502, S1ZMS 606, S1 ZM 736) | D0 | 1400 | 1800 |
| | D1 | 3150 | 3600 |
| | D2 | 8000 | 7825 |
| | D3 | 10970 | 11700 |
| Moyenne KASAI 1*(S1MM502, S1ZMS 606, S1 ZM 736) | | 5880a | 6231,25a |
| BABUNGO*ZMS 737 | D0 | 1550 | 1560 |
| | D1 | 3680 | 3950 |
| | D2 | 8100 | 8790 |

| | | | |
|--|-----------|-----------------|-----------------|
| | D3 | 9830 | 10600 |
| Moyenne BABUNGO*ZMS 737 | | 5790a | 6225a |
| BABUNGO*SC627 | D0 | 1630 | 1460 |
| | D1 | 3000 | 2980 |
| | D2 | 6380 | 6180 |
| | D3 | 9060 | 8220 |
| Moyenne BABUNGO*SC627 | | 5017,5a | 4710a |
| Moyennes doses de fertilisants inorganiques | D0 | 1776,3d | 1620d |
| | D1 | 3625c | 3658,8c |
| | D2 | 7823,8b | 7713,8b |
| | D3 | 10873,8a | 10563,8a |
| P Effets genotypes | | 0,09 | 0,135 |
| P Effets doses de fertilisants inorganiques | | 0,001 | 0,001 |
| P interactions | | | |

*Les différentes lettres affectées aux moyennes indiquent de différences non significatives après le test de DUNCAN.

Légende : D0 (témoin), D1 (150kg NPK+100kg urée), D2 (300kg NPK+200 kg urée), D3 (600kg NPK+400kg urée).

Tableau 3 : Rentabilité de l'emploi des fertilisants

| Traitements | Coût total de fertilisants (\$/ha) | Rendement en maïs grain (kg.ha ⁻¹) | | Augmentation du rendement (kg.ha ⁻¹) | | Valeur de l'Augmentation du rendement (\$/ha) | | RVC | |
|------------------------|------------------------------------|--|----------|--|---------|---|-----------|------|------|
| | | 2008 | 2009 | 2008 | 2009 | 2008 | 2009 | 2008 | 2009 |
| Témoin | 0 | 1776,25 | 1620 | - | - | - | - | - | - |
| 150kg NPK+100kg Urée | 315 | 3625 | 3658,75 | 1848,75 | 2038,75 | 462,19 | 509,6875 | 1,47 | 1,6 |
| 300 kg NPK+200 kg Urée | 630 | 7823,75 | 7713,75 | 6047,5 | 6093,75 | 1511,9 | 1523,4375 | 2,4 | 2,42 |
| 600 kg NPK+400 kg Urée | 1260 | 10873,75 | 10563,75 | 9097,5 | 8943,75 | 2274,4 | 2235,9375 | 1,8 | 1,8 |

La dose D3 a permis d'obtenir les rendements plus élevés sur l'ensemble des deux années mais l'augmentation de la dose de D2 à D3 n'a pas induit une augmentation significative de rendements quel que soit les génotypes sur les années d'étude. Ce qui veut dire qu'une augmentation de la dose de N, P et K au-delà de 122 kg N, 60 kg P et 30 kg K/ha n'est pas nécessaire étant donné que le RVC le plus élevé est obtenu avec la dose D2 (tableau 4). D0 a obtenu le rendement le plus bas pour tous les génotypes sur les deux années (1620 kg en 2008). La faible teneur en éléments nutritifs dans le sol explique la situation sur D0. L'évolution du rendement du maïs suit celle des doses de fertilisants inorganiques appliquées. Les rendements sont passés de 3658,75 kg (D1) à 7713,75 sur D2 et 10563,75 sur D3 en 2008. Le rendement significativement plus élevé sur les parcelles fertilisées avec la forte dose de 600 kg NPK+400kg Urée pourrait être due à la mobilisation des éléments nutritifs en grande quantité ; ce qui est en bon accord avec les conclusions de Dorn *et al.*, (1985) qui ont déclaré qu'une meilleure nutrition des plantes par la fertilisation peut permettre une augmentation des rendements et de la qualité; cette amélioration de la nutrition étant nécessaire à l'expression de génotypes à haut rendement potentiel. Des résultats similaires ont par ailleurs été obtenus en Côte d'Ivoire sur des variétés améliorées de Riz (Sanogo *et al.*, 2010 ; GalaBi *et al.*, 2011) et au Burkina Faso sur le maïs (Lamine, 2002). L'apport de la dose D3 réduit considérablement la rentabilité de l'emploi des fertilisants inorganiques. Le tableau 4 montre que seul le RVC obtenu avec la dose de 300 kg NPK+200 kg urée (apportant 122 kg N, 60

kg P et 30 kg K) se trouve dans la catégorie de rentabilité excellente par rapport à la dose D3 qui a donné le rendement le plus élevé sur les deux ans de l'expérimentation (catégorie rentable). Ces résultats corroborent les recherches conduites par le CIPF (2010) qui situent l'optimum de la dose d'azote à appliquer au maïs entre 100 et 120 unités. Autrement dit, il y a une limite à l'emploi des engrais, et d'une manière générale, à tous les facteurs de croissance. Le prix élevé des engrais minéraux couplé au bas prix du maïs sur les différents marchés de la région de Lubumbashi serait à la base de cette situation. Useni *et al.* (2012) et Dixon *et al.* (2001) ont rapporté que la baisse de la rentabilité économique, qui est au cœur de toute la problématique de l'utilisation des engrais en Afrique, provient donc de la faible réponse des cultures, des prix des engrais de plus en plus élevés à la ferme et des prix des produits agricoles peu incitatifs. GalaBi *et al.* (2011) suggèrent que la réduction des doses d'engrais minéraux permet une bonne valorisation des ces derniers par les cultures tout en optimisant les rendements ; ce qui constitue un moyen approprié d'adaptation au stress hydrique de plus en plus perceptible en Afrique subsaharienne, avec le changement climatique. Pour les génotypes, ces résultats sont en conformité avec ceux d'Anonyme (2009) pour lesquels les variétés de maïs améliorées sont plus productives que les variétés locales avec les rendements de l'ordre de 6 à 8 t.ha⁻¹. De même, des rendements de plus de 10 t.ha⁻¹ ont été obtenus avec le cultivar single Cross 704 en Iran par Amjadian *et al.* (2013).

CONCLUSION

Ce travail a contribué à étudier l'effet des fertilisants inorganiques, de la date de semis et du génotype sur le rendement du maïs. Il en résulte d'après cette étude que l'apport de la dose de 300 kg NPK+200kg urée, bien que donnant un rendement faible par rapport à celle de 600 kg NPK+400kg urée, est la plus rentable. Ce travail souligne aussi qu'avec le changement climatique observé ces dernières décennies, les semis

sont réalisés de manière précoce pour bénéficier de la totalité des précipitations durant la saison humide. Cependant, le semis très précoce et très tardif réduit la productivité des nouveaux génotypes de maïs dans la région de Lubumbashi. Il a été démontré dans cette étude que le moment optimal pour le semis de nouveaux génotypes de maïs est situé entre le 30 novembre et le 15 décembre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adrille T., 2003. Projet de production de semences des cultures vivrières en faveur des agriculteurs, Lubumbashi, RDC, 155p.
- Amjadian M., Farshadfar M., Gholipoor M., 2013. The effects of planting dates on the yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) cultivar single cross 704 in Gorgan region. *Annals of Biological Research* 4(4) : 38-41
- Anonyme, 2009. Inventaire des technologies agricoles et forestières éprouvées et prometteuses en République Démocratique du Congo. Projet REAFOR. Kinshasa. pp 85-94

- Basri D., 1992. Prospects and methods of breeding varieties resistant to septoria. Dans : *Regional Workshop*, Beyrouth, Liban, 14-17 février.
- Cardwell V.B., 1982. Fifty years of Minnesota corn production: sources of yield increase. *Agron. J.* 74: 984-990.
- CIPF, 2010. Maïs et environnement: « gestion de la fertilisation et techniques de travail du sol sans labour ». Direction générale de l'agriculture, Bruxelles. pp 9-10.
- Debruin J.L., Pedersen P., 2008. Soybean yield response to planting date and seeding rate in the Upper Midwest. *Agronomy Journal* 100: 696-703
- Dorn C.R., Reddy C.S., Lamphere D.N., Gaeuman J.V., Lanese R., 1985. *Municipal sewage sludge application on Ohio farms: Health effects. Environ, Res.*, 38: 332-359.
- Dixon, J., A. Gulliver & D. Gibbon, 2001. Systèmes de production agricole et pauvreté : Améliorer les moyens d'existence des agriculteurs dans un monde en changement – Résumé. FAO et Banque Mondiale, Rome et Washington.
- Eyal Z., Scharen A.L., Prescott J.M., Van Ginkel M., 1987. The septoria diseases of wheat : Concepts and methods of diseases management, Hettel, G.P. (éds). CIMMYT, Mexico D.F.
- Gala BI T.J., Camara M., Yao-Kouame A., Keli Z.J., 2011. Rentabilité des engrais minéraux en riziculture pluviale de plateau : Cas de la zone de Gagnoa dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 46: 3153– 3162
- Kasongo L.M.E., Mwamba M.T., Tshipoya M.P., Mukalay M.J., Useni S.Y., Mazinga K.M., Nyembo K.L., 2013. Réponse de la culture de soja (*Glycine max* L. (Merril) à l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray comme fumure organique sur un Ferralsol à Lubumbashi, R.D. Congo. *Journal of Applied Biosciences* 63: 4727 – 4735
- Lamine D., 2002. Effet de l'engrais azoté et du fumier sur le rendement du maïs. Mémoire de Fin d'études, Institut de développement Rural, Université de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 71 p
- Mokhtarpour H., 1997. The characteristics of growth and their relation with yield under different planting dates and density in Hybrid *Zea Mays* varieties M.A, thesis, Tehran university, 115, ps .
- Moradapour S., Koohi R., Babaei M., Khorshichi M.G., 2013. Effect of planting date and planting density on rice yield and growth analysis (Fajr variety). *International Journal of agriculture and crop Science* 5(3): 267-272
- Mujinya B.B., Van Ranst E., Verdoodt A., Baert G., Ngongo M.L., 2010. Termite bioturbation effects on electro-chemical properties of Ferralsols in the Upper Katanga (D.R. Congo). *Geoderma* 158: 233-241
- Nyembo K.L., Useni S.Y., Chukiyabo K.M., Tshomba K.J., Ntumba N.F., Muyambo M.E., Kapalanga K.P., Mpundu M.M., Bugeme M.D., Baboy L.L., 2013. Rentabilité économique du fractionnement des engrais azotés en culture de maïs (*Zea mays* L.): cas de la ville de Lubumbashi, sud-est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences* 65:4945 – 4956
- Nyembo K.L., Useni S.Y., Mpundu M.M., Bugeme M.D., Kasongo L.M.E., Baboy L.L., 2012. Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays* L. à Lubumbashi, Sud-Est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences* 59: 4286– 4296
- Nyembo K., 2010. 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 167.
- Ristanovic D., 2001. Maize. In: Raemaekers, R.H. (Editor). Crop production in tropical Africa. DGIC (Directorate General for International Coopération), Ministry of Foreign Affairs, External Trade and International Coopération, Brussels, Belgium. pp. 23–45.
- Sanogo S., Camara M., Zouzou M., Keli Z., Messoum F., Sekou A., 2010, Effet de la fertilisation minérale sur des variétés améliorées de riz en conditions de Gagnoa, Côte d'Ivoire. *Journal of applied biosciences* 35 : 2235-2243.
- Troyer A.F., 1990, A retrospective of corn genetic resources. *J. Hered.* 81 :17-24
- Useni S.Y., Chukiyabo K.M., Tshomba K.J., Muyambo M.E., Kapalanga K.P., Ntumba N.F., Kasangij K.P., Kyungu K.A., Baboy L.L., Nyembo K.L., Mpundu M.M., 2013. Utilisation des déchets humains recyclés pour l'augmentation de la

production du maïs (*Zea mays* L.) sur un ferralsole du sud-est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences* 66:5070 – 5081
Useni S.Y., Baboy L.L., Nyembo K.L., Mpundu M.M., 2012. Effets des apports combinés de

biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de *Zea mays* L. cultivées dans la région de Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences* 54: 3935–3943