

ETUDE COMPARATIVE DE L'EFFICACITE DES DIFFERENTS MODES D'APPLICATION D'UNE FUMURE AZOTEE SUR MAIS (*Zea Mays. L.*)

Par

A.B. NIANE* et F. GANRY**

*Chercheur de l'ISRA

**Chercheur IRATICIRAD - en poste à l'ISRA

avec la collaboration scientifique de ISRA/IFDC

Direction des Recherches sur les Systèmes Agraires et l'Economie Agricole

RESUME

L'efficacité des différents modes d'application de doses croissantes d'azote (0, 30, 60 et 90 kg N/ha) sur maïs (*Zea mays. L. CV B .D.S.*) a été étudiée dans une expérimentation au champ à Nioro du Rip au Sénégal sur un sol ferrugineux tropical lessivé. Pour le suivi du devenir de l'azote engrais, de l'urée enrichie en ^{15}N a été apportée dans des sous-parcelles de 7,2 m² à la dose de 60 kg N/ha. Les résultats obtenus ont montré un effet hautement positif (effet linéaire) de l'azote sur la production de maïs. L'apport de l'engrais azoté en bande («banded») ou enpoquet sous forme de supergranules («point-placed») s'est révélé plus efficace.

Le mode d'application de l'azote a eu une incidence certaine sur la productivité de l'unité d'azote : 14, 22 et 18 kg respectivement pour les méthodes «broadcast», «banded» et «point placed».

Mots-clés : Nioro / SENEGAL / Azote / ^{15}N / Linéaire / Maïs : Broadcast / Banded / Point placed / Unité d'azote / Supergranule.

SUMMARY

The efficiency of applying increasing dosages of nitrogen (0, 30, 60 and 90 kg N/ha) on maize (*Zea mays, L. CV. B.D.S.*) was studied in a farm level experiment at Nioro du Rip in Senegal on ferrog-

nous bleached tropical soil. To study the behaviour of **nitrogen** fertilizer, urea enriched **with 15N** in dosages of 60 kg **N/ha**, was added to plots measuring 7.2 **m²** in **area**.

The results obtained showed a highly positive effect (a linear effect) of **nitrogen** on maize production. The addition of **nitrogen** fertilizer in bands ("**banded**") or in pockets in the form of large granulas ("**point-placed**") was found to be more **efficient**.

The application mode for **nitrogen** had a definite impact on the **productivity** of a unit of **nitrogen** : 14.22 and 18 kg respectively for the "broadcast", "banded" and "point **placed**" methods.

Key words : Nioro/Senegal/Nitrogen/15N/Linear/Maize : Broadcast/Banded/Point placed/Nitrogen **unit/Large** granula.

RESUMO

A eficiência dos diferentes modos de **aplicação** das doses crescentes de azoto (**0, 30, 60 e 90 kg N/ha**) sobre o **milho** (*Zea mays*.L.CV B.D.S.) foi analisada **numa** experiência de **campo** em Nioro do Rip no Senegal num **chão** ferruginoso tropical modificado pela passagem da **água**. Para o seguimento da **evolução** do azoto como adubo, **uréia enriquecida** em 15 N foi utilizada em sub-parcelas de 7.2 **m²** **com uma** dose de 60 kg **N/ha**. Os resultados obtidos revelaram **um** efeito altamente positivo (efeito linear) de azoto sobre **a produção** de **milho**. A **utilização** do adubo azotado em linhas **successivas** («**banded**») ou em pequenas massas de **supergranulados** em burracos **successivos** («**point - placed**») revelou - se mais eficiente.

O modo de **aplicação** do azoto teve **uma** incidência efectiva sobre a produtividade da unidade de azoto : 14.22 e 18 kg respectivamente para os **métodos** «**broadcast**», «**banded**» e «**point placed**».

Palavras chaves : Nioro - Senegal - azoto - 15 N - Linear - milho : «**broadcast**» • «**banded**» • «**point placed**» - unidade de azoto - supergranulado.

INTRODUCTION

L'utilisation de la fumure minérale est indispensable pour maintenir des niveaux de production satisfaisants dans les conditions de culture du Sénégal compte tenu du niveau de fertilité généralement très faible des sols.

Cependant, la cherté de la fumure minérale commande la recherche de moyens (techniques) permettant d'améliorer l'économie des engrais et de réduire le coût de la fumure minérale. L'efficacité des engrais minéraux en général et des engrais azotés en particulier dépend, entre autres facteurs, du mode d'application.

Selon GANRY (1985), l'urée apportée en surface subit des pertes de l'ordre de 30 à 40%, en grande partie par volatilisation. Or, il se trouve qu'au Sénégal, en ce qui concerne la fertilisation azotée des céréales, l'urée est appliquée à la volée puis incorporée dans les premiers centimètres du sol. Une telle pratique peut avoir une incidence sur l'efficacité de l'urée. L'on sait, cependant, que diverses méthodes d'application de l'engrais existent (application à la volée, *side-dressing*, *top-dressing*, apports en poquets etc...) et ont fait déjà l'objet de nombreuses études dans beaucoup de pays. Cependant au Sénégal, on dispose de très peu d'information sur l'efficacité des différentes méthodes d'application d'engrais azotés sur céréales.

L'objectif de la présente étude est de comparer l'efficacité des différentes méthodes d'application de la fumure azotée sur maïs par recours à la méthode isotopique (utilisation de ^{15}N).

MATERIEL ET METHODE

L'étude a été conduite à la station expérimentale de Niore du Rip située à 15 m d'altitude dans la zone Centre Sud du Sénégal (Isohyète 700 \pm 200 mm) et dont les coordonnées géographiques sont les suivantes :

15° 47' Longitude Ouest

13° 43' Latitude Nord

L'étude a été menée dans un essai factoriel (méthode x dose de N) avec 3 doses d'azote 30, 60 et 90 kg N/ha sous forme d'urée) et 3 méthodes (modes) d'application («Broadcast», «banded» et «point placed»). Un traitement sans azote a été ajouté. Le dispositif utilisé est celui des blocs de Fisher (1) avec 6 répétitions. Le bilan de N - engrais dans le système sol-plante a été évalué grâce à l'application d'urée enrichie en ^{15}N à la dose 60 kg N/ha dans des sous-parcelles de 7,2 m².

Cependant l'azote 15 a été apportée seulement sur cinq des six blocs de l'essai.

Les trois méthodes d'application sont les suivantes :

- . Broadcast incorporated (Surface incorporée): l'urée est apportée en surface puis incorporée sous 2 centimètres de sol, après l'apport au semis (15 %) un seul apport en cours de cycle est effectué le 27ème jour (85 %) suivi du buttage ;

- . Banded (en bande): l'urée est apportée en bande de 4 centimètres de largeur à 10 centimètres de la ligne de maïs puis incorporée à 5 cm de profondeur. Après l'apport au semis (15 %) un seul apport en cours de cycle est effectué au moment du buttage le 27ème jour (85 %);

- . Point placed (en poquet): l'urée conditionnée sous forme de supergranules est apportée à raison de 1 ou 2 supergranules par pied et à 5 cm de profondeur. Après l'apport au semis (15 %), un seul apport en cours du cycle est effectué au moment du buttage le 27ème jour (85 %).

Pour la fertilisation phosphatée et potassique, le supertriple et le chlorure de potassium ont été utilisés et appliqués à la volée à des doses respectives de 90 kg/ha de P₂O₅ et 80 kg/ha de K₂O.

L'essai a été implante sur un sol ferrugineux tropical lessive.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Quelques caractéristiques physico-chimiques du sol de l'essai sont consignées dans le tableau 1. Le sol est légèrement acide (pH eau 6,0) et sableux en surface (90 % de sables totaux et 5,8 % d'argile). Le taux de matière organique dans l'horizon de surface est assez faible (0,47 %) mais les teneurs en bases échangeables sont relativement bonnes et ainsi que les teneurs en phosphore.

Tableau 1: Caractérisation physico-chimique du sol d'étude

Caractéristiques	Horizon(cm)			
	0-20	20-40	40-60	60-100
PHeau	5.80	5.89	6.21	6.70
PHkcl	5.00	4.60	5.18	5.24
Argile	5.80	10.3	11.30	13.00
Limon	3.00	5.00	5.80	6.00
% Sables (50-200 µ)	14.50	13.70	12.90	14.00
Sables (50-200 µ)	50.20	48.00	41.60	45.00
Sables (200-2000 µ)	25.90	22.70	28.30	22.00
Carbone total	2.71	2.56	2.00	1.80
% Azote total	0.24	0.21	0.19	0.19
PF 4.2	1.20	2.00	2.30	2.80
PF 3.0	3.10	3.70	3.70	5.50
ppm N-NH4	tr	tr	tr	tr
ppm N-NO3	7.60	5.56	3.36	2.75
ppm Phosphore olsen	54.10	12.10	5.00	3.60
truog	22.70	3.80	1.30	1.10
Ca	0.87	0.81	1.37	1.50
Mg	0.32	0.31	0.32	0.32
Complexe Na	0.018	0.012	0.15	0.017
absorbant K	0.08	0.072	0.022	0.012
mé/100 g S	1.29	1.20	1.74	1.85
T	1.30	1.60	1.85	1.85
% V = S/T	99	75	93	100

Rappel des résultats antérieurs

Dans le cadre d'un programme de Recherches ISRA-IFDC, la réponse du maïs à l'urée apportée selon les trois méthodes déjà citées aux doses de 0, 50, 100 et 150 kg N/ha a été étudiée.

Les résultats obtenus ont montré une réponse significative du maïs à l'urée dès la dose de 50 kg N/ha. Le rendement maximum en grains est atteint avec un apport de 100 kg N/ha; au delà de cette dose l'apport d'azote n'augmente que le rendement en paille. L'effet du mode d'application de l'urée sur le rendement du maïs a été également significatif. C'est ainsi qu'avec une dose de 100 kg N/ha, l'apport localisé (point placé) et l'apport en bande procurent respectivement des surcroîts de rendement en grains de 750 kg/ha et 350 kg/ha par rapport à l'apport en surface (2). Cette étude adonc mis en évidence la supériorité des méthodes d'apport dites «point placé» et «banded» par rapport à la méthode «broadcast» dans les conditions pédo-climatiques de Séfa. Il convient de noter que la méthode «broadcast» provoque des pertes importantes d'azote de l'ordre de 20 à 40 % de l'azote-engrais par volatilisation (2, 3, 4, 5).

Résultats de 1987

Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux 2 et 3. L'examen de ces tableaux montre que les différentes doses mises à l'étude ont eu un effet statistiquement significatif tant

Tableau 2 : Rendements moyens exprimés à 15 % d'humidité en grains, pailles et rafles de maïs à Nioro (1987)

Traitements	Rendements kg/ha		
	Grains	Pailles	Rafles
1	1198	1677	381
2	1599	1930	454
3	2274	2203	590
4	2073	2090	509
5	1988	2169	515
6	2747	2409	615
7	2429	2363	610
8	2483	2383	637
9	3234	2801	764
10	2948	2609	732

1	0 kg N/ha	Témoin	5	60 kg N/ha	Broadcast
2		Broadcast	6		Banded
3		Banded	7		Point placed
4		Point placed			
		8		Broadcast	
		9	90 kg N/ha	Banded	
		10		Point placed	

Tableau 3 : Effets principaux de la dose et de la méthode d'application de l'urée sur le rendement du maïs (Nioro 1987)

Composantes du Rendement	Effet dose kg/ha		Effet méthode kg/ha	
Grains	ON	1198	Broadcast	2024 a
	30N	1912 a	Banded	2757 c
	60N	2388 b	Point placed	2483 b
	90 N	2888 c		
Paille	ON	1617	Broadcast	2161 a
	30N	2074 a	Banded	2471 c
	60N	2314 b	Point placed	2354 b
	90 N	2597 c		
Raffins	ON	381	Broadcast	535 a
	30N	518 a	Banded	656 c
	60 N	580 b	Point placed	617 b
	90 N	711 c		

N.B. : Les résultats affectés d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (Test de Newman et Keuls). Pour l'étude des modes d'apport aux 3 doses, l'interprétation statistique porte sur le dispositif "Dose x Méthode", excluant donc le témoin zéro. Ce dernier a pour but, sur le plan agronomique, d'estimer la productivité de l'unité d'azote et de montrer l'effet de l'azote évident *a priori* sur les composantes du rendement.

sur le rendement en grain que sur la production de paille. Il en est de même des différents modes d'applications de l'urée. L'ajustement à une fonction mathématique montre que quelque soit la méthode d'apport, la relation entre rendement en grain et dose d'azote est linéaire (fig. 1).

Cependant le niveau de réponse est en étroite relation avec le mode d'apport de l'engrais. C'est ainsi que l'apport de 90 kg N/ha par les méthodes «broadcast», «banded» et «point placed» procure respectivement une plus-value en grain de 2 300, 2 050 et 1750 kg/ha.

Le mode d'application de l'azote a eu une incidence certaine sur la production de l'unité d'azote : 14, 22 et 18 kg respectivement pour les méthodes «broadcast», «banded» et «point placed».

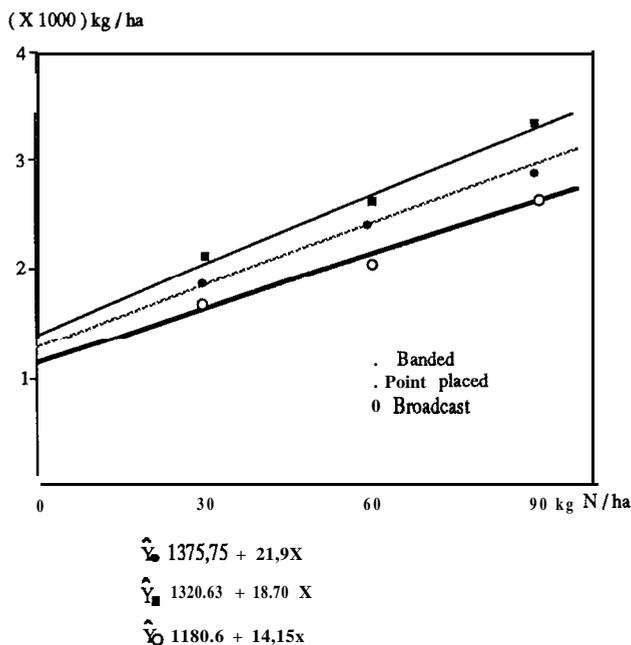
Par ailleurs, les méthodes «banded» et «point placed» procurent respectivement une plus-value moyenne de 700 et 400 kg/ha de grains par rapport à la méthode «broadcast». Il convient de noter que les rendements en grains du témoin qui sont de l'ordre de 1 200 kg/ha sont plus élevés que ceux obtenus antérieurement à Séfa (300 à 500 kg/ha).

Les analyses isotopiques effectuées sur les essais de Séfa ont confirmé la supériorité des méthodes «banded» et «point placed» sur la méthode «broadcast» (2). En effet les résultats

obtenus montrent que par rapport en surface, la localisation de l'urée en bande enfouie :

- a provoqué un accroissement significatif du coefficient d'utilisation réel de N-engrais par les grains de + 41 % et + 83 % respectivement en 1983 et 1984 ;

Figure 1: Réponse du maïs à l'urée en fonction des méthodes d'application • Nioro 1987



- ne modifie pas l'immobilisation de l'azote dans le sol qui est de l'ordre de 35 % de l'azote en grains apporté ;
- réduit voire supprime les pertes de N-engrais ce qui s'est traduit par une efficacité de l'N-engrais de 99 % en 1983 et de 91 % en 1984. L'efficacité du N-engrais pour les méthodes «broadcast», «banded» et «point placed» est respectivement de 63,591 et 95 %.

En quelque sorte, on peut attribuer vraisemblablement la supériorité des méthodes d'apport «banded» et «point placed» par rapport à la méthode Broadcast de l'essai 1987 à Nioro par les phénomènes observés antérieurement sur les résultats de Séfa.

CONCLUSION

Les résultats obtenus confirment l'effet hautement significatif de l'engrais azoté (urée) sur la production de maïs. A la dose 90 kg N/ha (dose expérimentale la plus élevée), le rendement maximum n'est pas encore atteint et la production de l'unité d'azote varie de 14 à 22 selon les méthodes d'apport.

Les rendements en grains obtenus par la localisation de l'urée dans le sol sont supérieurs à ceux obtenus par épandage en surface (plus-value de 700 kg/ha de grains dans le cas de la localisation en bande). A l'inverse des résultats antérieurs obtenus à Séfa, l'apport de l'urée en bande apparaît plus efficace que l'apport en poquet, sous forme de supergranules (pointplaced).

Un niveau de fertilité assez élevé dont témoigne le rendement élevé du témoin sans azote et une pluviométrie (900 mm) supérieure à la moyenne (700 mm) et bien répartie ont favorablement contribué à la production du maïs en l'absence d'urée et à l'efficacité de l'azote-engrais.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 FISHER R.A. et YATES G. (1963).- Statistical table for biological Agricultural and Medical Research p. 156-157 ; OLIVER and BOYD. Edimburg.
 - 2 GANRY F. (1986).- Rapport annuel 1985 - Programme Valorisation de Ressources Naturelles. Doc. Multigr. ISRA-CNRA de Bambey.
 - 3 GANRY F. et BADIANE A.N. (1988).- Rapport annuel 1987 -Programme Valorisation des Ressources Naturelles. Doc. Multigr. ISRA-CNRA de Bambey
 - 4 JONES M.J. (1973).- Time of application of Nitrogen fertilizer to maize at Sumaru. Nigeria. *Expl. Agric.* 9, p. 113-120.
 - 5 MUGHOGHO S.K., BATIONO A., CHRISTIANSON B. et VLEK P.L.G. (1985).- Management of Nitrogen fertilizers for tropical African Soils p. 173-224. In: Management of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers in Sub-saharian Africa - ED A.u. Mokwunye, PLG Vlek.
-