Institut National de la Recherche Agronomique du Niger

Effets de l'enrobage des graines et de la micro dose d'engrais sur des variétés du mil en zones semi-arides du Niger

Saidou Addam Kiari [1] ; Sabiou Mahaman[1] ; Maman Garba[1] ; Oumarou Inkaye[2] ; Ibrahima.Mahamadou Gandah[3] ; Ambouta J M Karimou[2]

[1]Département Gestion de Ressources Naturelles, DGRN/INRAN; [2]Université Abdou Moumouni de Niamey ; [3] ICRISAT Centre Sahélien Niamey, Niger

Résumé

Au Sahel plusieurs études ont montré que l'insuffisance des éléments minéraux limite considérablement la production du mil plus que la disponibilité en eau. Dans le contexte nigérien où les amendements organiques nécessaires pour améliorer les rendements restent encore insuffisants, l'application judicieuse des engrais minéraux est le moyen le plus efficace pour améliorer les rendements. Cependant le faible niveau de revenu des producteurs et l'accessibilité aux intrants agricoles limitent l'utilisation des fertilisants minéraux, ce qui devient également une véritable contrainte à l'amélioration de la production agricole. Afin de pallier à ce problème, la présente étude a évalué les effets de **l'enrobage des graines avec de l'engrais** et de **la micro dose** sur la performance des variétés du mil dans deux zones agro-climatiques du Niger.

Le dispositif est un bloc de Fischer randomisé avec quatre (4) répétitions. Mis à part les opérations culturales, des observations et prélèvement des données ont été effectuées sur chaque site ; concernant les paramètres étudiés il s'agit de la fertilité du sol avant et après les essais, le taux de germination, la vigueur des plants à la levée, le nombre d'épis par parcelle utile, le rendement en paille et le rendement en grain.

Globalement, les résultats obtenus ont montré que la micro dose est significativement plus performante que l'enrobage, il en est de même pour la HKP par rapport à la locale tandis que le DAP est plus efficace que le NPK ; et pour le rendement en paille/site, le site de Kollo dépasse largement le site de Diffa tout traitement confondu.

Mots clés : mil, fertilisants minéraux, micro dose, enrobage, fertilité du sol.

I Introduction

Le mil est la principale céréale cultivée au Niger et occupe plus de 65% des surfaces emblavées (Mariac et al. 2006). Selon la FAO, le Niger est le second producteur du mil en Afrique avec une production de 3.489.400 tonnes après le Nigeria (FAO, 2011). L'amélioration de la production agricole doit nécessairement passer par une amélioration de la fertilité des sols (Batiano, 2003). A cet effet, les problèmes qui se posent sont multiples dont, entre autre, la faible accessibilité aux intrants agricoles en général et en particulier aux fertilisants.

C'est pour cela que la technologie d'apport d'engrais par micro-dose au poquet a été développée et vulgarisée pour résoudre ces problèmes. La recherche au Niger a montré que l'application de 2 g DAP ou 6 g NPK peut plus que doubler la production (Buerkert et al. 2000) et cela conduit à une retombée économique (Tabo et al. 2007). La micro-dose augmente la production dans les zones à isoète allant de moins 400 mm jusqu'à 1000 mm par an (Tabo et al. 2007).

Cette technologie de micro-dose d'engrais vulgarisée dans quelques régions du Niger depuis 1999 a fait ses preuves (Badoum, 2006). Une recherche récente au Niger a montré que 2 g DAP ou 6 g NPK peut être appliqués au premier sarclage (15–20 jours) avec une augmention de la production du mil et de sorgho de 44 - 120 % (Tabo et al. 2005 ; 2007 ; Hayashi et al. 2008).

L'évaluation de temps d'application d'engrais par micro-dose a été faite à l'ICRISAT (Hayashi et al. 2008). Cependant, une des contraintes liée à cette technique est sa demande en main d'œuvre élevée au moment des semis où celle-ci est très cruciale. C'est dans le souci de palier au problème de temps de travail élevé requis par la micro-dose d'engrais que vient l'idée d'enrobage.

L'enrobage est une méthode qui consiste à recouvrir des semences avec de l'engrais chimique grâce à une matière collante. Cette matière permet donc l'adhésion entre les semences et l'engrais (Karanam et Vadez (2010)). L'enrobage a été aussi utilisé dans bon nombre de cultures vivrières pour améliorer leur développement dans les sols pauvres en phosphore (Peltonen-Sainio et al. 2006). L'enrobage du mil avec de l'engrais phosphaté a montré son importance pour les sols sahélien pauvre en P (Rebafka et al. 1993).

L'objectif de cette étude est de : (i) Tester l'effet de la technique d'enrobage d'engrais sur le taux de germination (ii) Evaluer la performance des variétés de mil en technique de micro-dose d'engrais dans deux zones agro-climatiques (iii) Comparer l'effet de l'enrobage et de la micro-dose d'engrais sur le rendement du mil.

II. Matériel et Méthodes

Sites expérimentaux

1. **Site de Diffa**

Il est situé dans la zone sahélienne (13°18'N, 12°35'E). Les températures varient d´Octobre à Juin, subdivisée en deux périodes bien marquées : la première (octobre-février) affichant des basses températures avec des minima absolus de 11°C à 31°C puis la seconde (Mars-Juin), qui se caractérise par un vent d´Est appelé Harmattan chaud et sec, enregistre des températures élevées comprises entre 24°C et 48°C. La pluviométrie enregistrée est de 250-400 mm par an. Le sol est de type sableux (voir caractéristique du sol).

2. **Site de Kollo**

Il est situé dans la zone sahélo-soudanienne (13°22'N, 2°14'E). Les températures sont variables selon les périodes de l'année. Les plus basses sont enregistrées entre octobre et février (23°C) et les

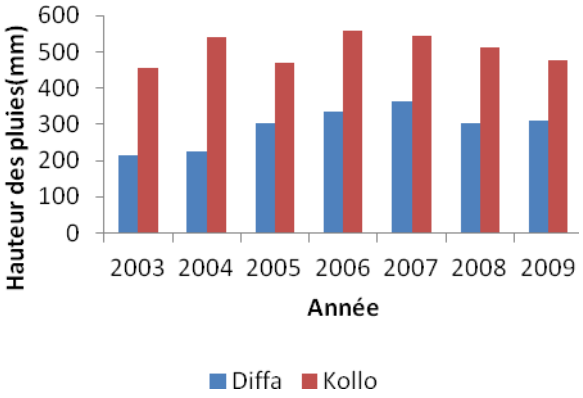
plus élevées entre mars et juin (45°C). La pluviométrie enregistrée varie entre 350-650 mm. Le sol est sableux (voir caractéristique du sol).

Tableau 1 : Propriétés physico-chimiques du sol des sites

Paramètres	Diffa	Kollo
Sable	94%	90%
Limon	1.7%	8.6
Argile	4.3%	1.4%
pH	6.6	6.3
Phosphore assimilable	3.29 (±0.22)	8 (± 2)
Matière organique	0.12 (±0.01)	0.27 (±0.09)
Azote	0.01 (±0.0005)	0.005(±0.001)

n = 30

Fig. 1 : Moyenne pluviométrique de sept ans des deux zones d'étude



Matériel végétal

Deux variétés améliorées de mil ont été utilisées, il s'agit de HKP (Hini Kirey précoce) à Kollo et de la SOSAT à Diffa. Une variété locale a été utilisée comme témoin dans chacun des sites.

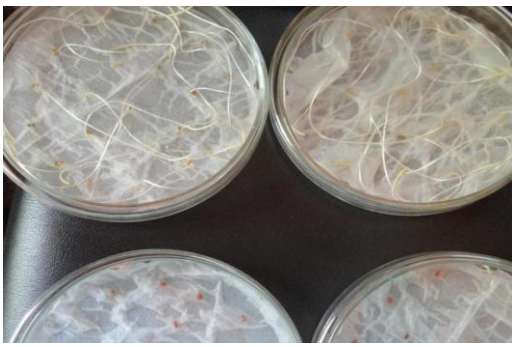
Méthodes

Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher, de 119 m de longueur et de 47 m de largeur. Il est organisé en quatre répétitions dont chacune compte 10 parcelles élémentaires de 100 m² ; soit au total 40 parcelles pour l'ensemble de l'essai.

Procédure d'enrobage du mil

La formule utilisée est celle de Karanam et Vadez (2010) selon laquelle 1 g de mil dans 0,06 ml de gomme et la quantité minimale de poudre d'engrais NPK ou DAP à utiliser est 68,39 mg, la moyenne 205,16 mg et la maximale 341,93 mg. Dans le cas de cette étude la quantité moyenne fut adoptée donc 205,16 mg de poudre d'engrais pour 1 g de mil. La concentration de la solution de gomme utilisée est 25 g / l et le volume de cette solution à utiliser pour 1 g de mil est de 0,06 ml pour le mélange avec le NPK et 0,048 ml pour le mélange avec le DAP.

Le test de germination des semences du mil enrobées au Laboratoire



Il s'agit de tester la germination des semences enrobées dans des boîtes de pétri avec le papier filtre et de l'eau avant le semis en milieu réel pour toutes les semences. Pour chaque cas les données ont été prises chaque jour à partir du 3ème jour de germination des semences jusqu'au 7ème jour.

La photo (à gauche) illustre la germination des semences dans des boîtes de pétri.

En haut, témoins non enrobés, en bas à gauche HKP enrobée avec le DAP et le fongicide et à droite HKP enrobée avec le NPK et le fongicide.

Paramètres étudiés

Les observations concernent : le taux de germination, la vigueur des plants à la levée, le nombre d'épis récolté par parcelle utile, le rendement en grain par parcelle utile, la biomasse par parcelle utile. Il a aussi été effectué l'échantillonnage du sol (avant et après l'expérimentation) pour déceler d'éventuelles variations des éléments chimiques du sol et le relevé pluviométrique de chaque zone.

Le taux de germination au champ : Il s'agit de compter le nombre de poquets germés pour chaque parcelle à partir du 7ème jour après semis au champ. Cela a permis, après l'analyse, d'avoir le taux de germination en fonction de traitement et du site.

La vigueur des plants à la levée a été appréciée en fonction de la densité et de la taille des plants à la levée par simple observation de la parcelle un mois après semis. Ainsi, une parcelle ayant une bonne vigueur est affectée de l'indice 1, moyenne de l'indice 2 et faible de l'indice 3. Le nombre d'épis récolté fut déterminé par parcelle utile. Le rendement en grain et le poids de matière sèche furent déterminés après battage par parcelle utile.

Tableau 2 : Critère d'appréciation de la vigueur à la levée de la plante

Observations sur la vigueur de la plante	jugement	Indice
	Bonne	1
	Moyenne	2
	faible	3

L'échantillonnage et l'analyse du sol sont réalisés avant et après l'essai (1 échantillon prélevé de 0-20cm de profondeur par parcelle) soit 40 échantillons avant l'installation de chaque essai et 40 après la récolte. L'analyse a été effectuée au labo sol de l'INRAN :

Le dosage de phosphore assimilable fut fait par la méthode de Bray 1. La méthode de Walkley-Black avait servi pour la détermination du taux de carbone ainsi que celui de la matière organique. **Le taux d'azote** a été obtenu grâce à la méthode de Macro-Kjeldahl. La comparaison des résultats d'analyse entre avant et après l'expérimentation a été effectuée grâce au test de khi-deux. khi-deux consiste à faire un tableau des valeurs théoriques à partir des résultats observés et ensuite calculé le χ^2 grâce à la formule : $\chi^2 = \Sigma\ (n-n')^2/n'$, avec n valeurs observée et n' valeur théorique correspondante.

L'analyse des données de cette expérimentation fut effectuée avec les logiciels Genstat pour l'analyse de variance et la comparaison des moyennes en cas de différence significative.

III Résultats

Les taux de germination en fonction du type d'engrais et de la variété

La figure 2 illustre les résultats du test de germination des semences enrobées en fonction des combinaisons de type d'engrais et de variété du mil.

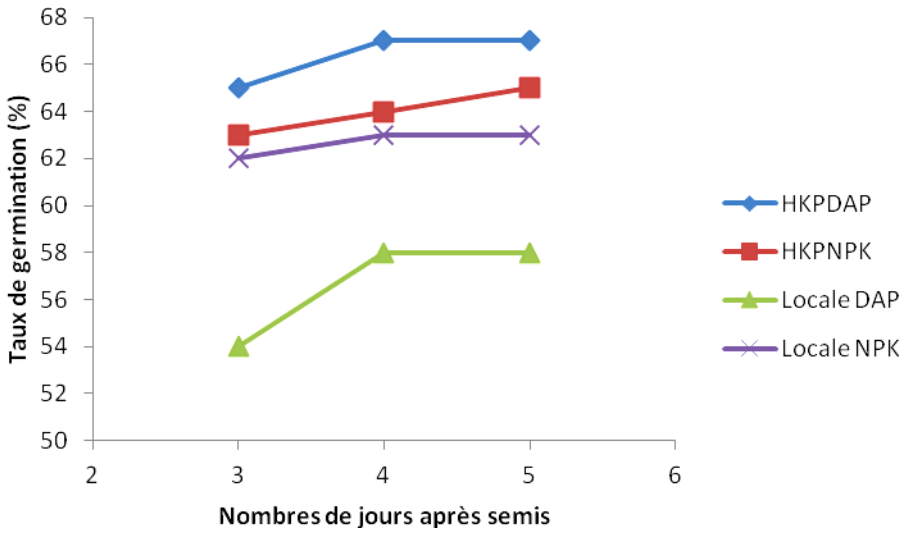


Fig.2 Taux de germinations cumulées des semences enrobées en fonction des combinaisons de type d'engrais et de la variété

Pour la HKP, à chaque observation, le taux de germination des semences enrobées avec le DAP est supérieur à celui obtenu avec le NPK, cependant le contraire fut observé pour la variété locale. La HKP a un taux de germination supérieur à celui de la locale mais reste inférieur à celui décrit dans ses caractéristiques agronomiques (68% contre 90%). Ainsi, le DAP est plus efficace que le NPK pour la variété améliorée (HKP) tandis que au niveau de la variété locale il est le moins efficace. Deux hypothèses ont été posées pour expliquer le faible taux de germination de la HKP :

- La matière adhésive (gomme arabique) est trop collante (problème de dosage) et empêche les semences de germer ;
- Le développement des moisissures sur les semences observé à partir du 4ème jour qui a défavorisé leur germination.

Suite au résultat d'autres tests de germination ont été réalisés.

Le premier test a été effectué avec des semences de la HKP enrobées avec diverses substances substituant la gomme arabique dans le rôle de matière adhésive : il s'agit du sucre, du blé et de l'argile blanche.

Les taux de germination en fonction des matières adhésives

La figure 3 traduit bien les taux de germination des semences du mil enrobées avec différentes matière adhésives remplaçant la gomme arabique.

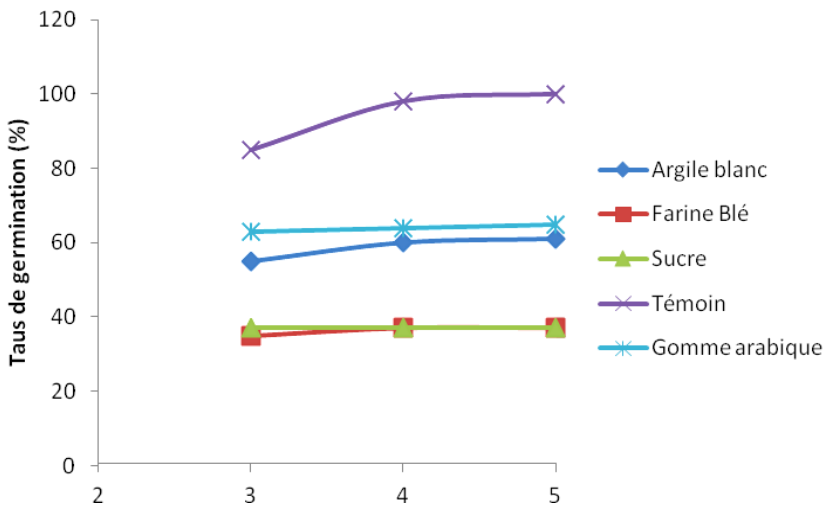


Fig.3 : Taux de germination cumulée des semences enrobées avec le NPK et diverses matières collantes

Dès le 3ème jour, les semences non enrobées (témoins) ont germé à 100%, elles sont suivies par les semences enrobées avec l'argile blanche qui ont donné un taux de germination de 62% resté constant les jours suivants. Le sucre et la farine de blé ont donné à peu près un même taux de germination, faible (35%) et aussi constant pour toutes les autres observations. Ces résultats montrent que le faible taux de germination obtenu globalement au niveau de la technologie d'enrobage est dû à la matière collante.
En effet, cela peut être un problème de dosage (concentration) de cette matière collante, et qui reste à vérifier.

Le second test a été aussi effectué avec la HKP, mais en ajoutant du fongicide dans les constituants d'enrobage, la matière collante restant la gomme arabique.

Les taux de germination des semences enrobées avec l'engrais et le fongicide

La figure 4 montre l'évolution des taux de germination des semences de la HKP enrobées avec le fongicide et le NPK, le fongicide et le DAP et le témoin, la substance adhésive étant la gomme arabique.

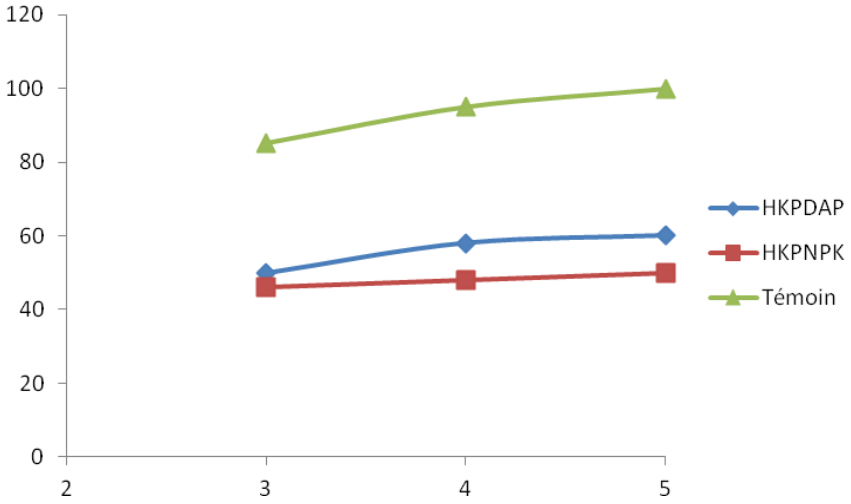


Fig.4 : Taux de germination des semences de HKP enrobées avec de l'engrais plus fongicide

A part le témoin qui a germé à 100%, donc qui est resté inchangé, les semences enrobées ont donné globalement un taux de germination inférieur à celui obtenu au premier test. Ainsi, au lieu d'augmenter le taux de germination, le fongicide l'a diminué.

Dans l'ensemble le premier et le présent test ont montré que l'enrobage de la HKP avec le DAP s'est montré plus efficace du point de vue germination qu'avec le NPK.

Paramètres étudiés sur les sites

1. Le taux de germination en fonction des traitements selon les sites

La figure 5 montre l'évolution des taux de germination observés au niveau des sites expérimentaux.

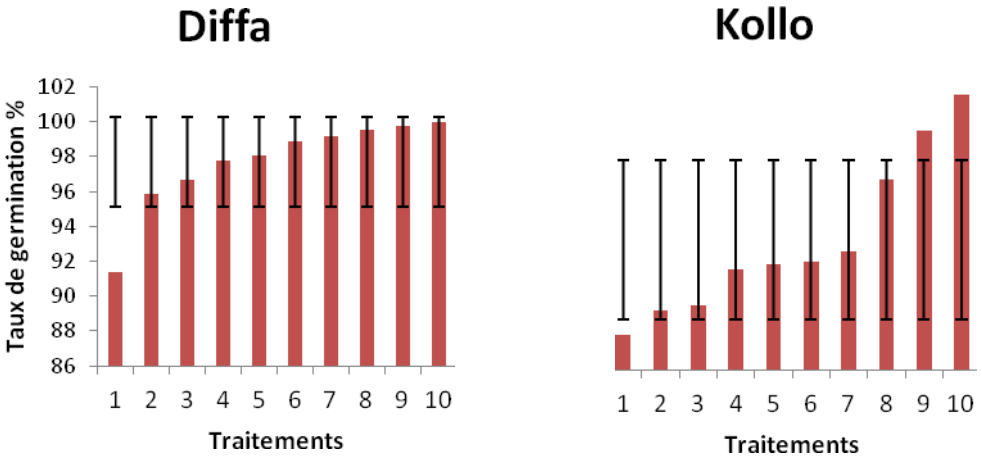


Fig.5 : Taux de germination en fonction du traitement par site.
Traitements : (1) HKP témoin (2) Locale témoin (3) HKP/ DAP enrobage (4) Locale/DAP micro dose (5) HKP/NPK enrobage (6) Locale NPK enrobage (7) HKP/DAP micro dose (8) Locale/NPK micro dose (9) HKP/NPK micro dose (10) Locale/DAP enrobage

Sur chaque traitement, le site de Diffa a enregistré le meilleur taux de germination des deux sites étudiés. Pris individuellement, il ressort que, pour le site de Diffa, les traitements 1 et 2, respectivement la SOSAT témoin et le local témoin, ont enregistré les plus grands taux de germination 100% et 99,72%. Ils sont suivis des traitements 9 et 3 (la variété SOSAT enrobée avec le NPK et la SOSAT enrobée avec le DAP) avec 99,54% et 99,16%. Le plus petit taux fut obtenu au niveau du traitement 6, celui de la locale enrobée avec le NPK avec 91,38%.

Pour le site de Kollo le traitement six a eu, au contraire, le plus grand taux de germination suivi du traitement trois avec respectivement 78,9% et 68,4%. Le traitement 1 a donné le plus petit taux 18,4, L'enrobage a donné le meilleur résultat par rapport à la micro-dose et au témoin (Figure 5).

2. La vigueur à la levée des plants en fonction du traitement selon le site

La vigueur fut observée après re semis, la figure 6 illustre les résultats obtenus :

A ce niveau Diffa a eu le meilleur résultat.
Au niveau du site de Diffa il est à remarquer que le traitement 4, à savoir la locale en micro-dose avec le DAP, a donné le meilleur résultat (1), les plus faibles résultats furent observés pour les traitements 5 et 10 (la SOSAT enrobée avec le NPK et la locale enrobée avec le DAP).

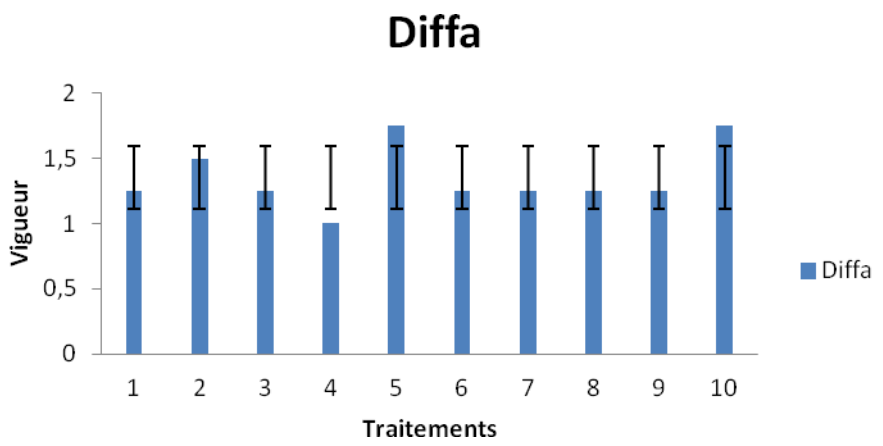


Fig. 6 : Vigueur à la levée des plants en fonction du traitement selon les sites. Observations : Vigueur bonne=1, vigueur moyenne=2, et vigueur faible=3. Traitements : (1) HKP témoin (2) Locale témoin (3) HKP/DAP enrobage (4) Locale/DAP micro-dose (5) HKP/NPK enrobage (6) Locale NPK enrobage (7) HKP/DAP micro-dose (8) Locale/NPK micro-dose (9) HKP/NPK micro-dose (10) Locale/DAP enrobage

Pour les deux sites, la micro dose a donné une bonne vigueur par rapport à l'enrobage et au témoin ; pour l'engrais une légère différence fut observée à Kollo ou le DAP s'est montré plus efficace que le NPK et la variété améliorée se montre plus performante que la locale.

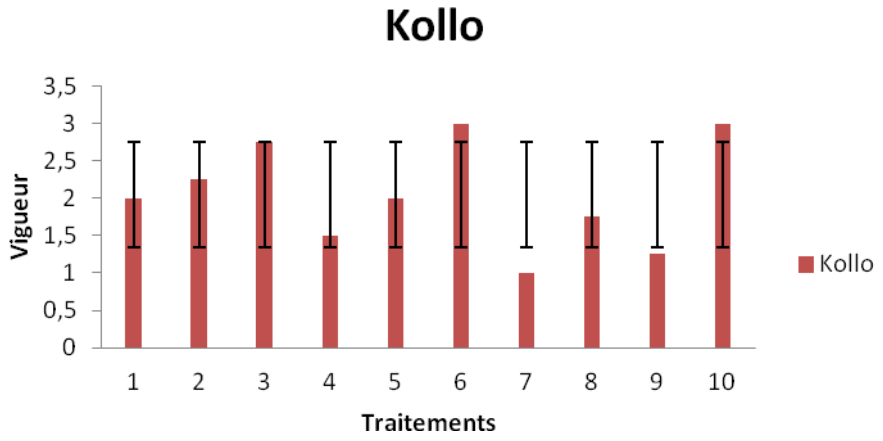


Fig. 7 : Vigueur en fonction du traitement à Kollo

3. Le nombre d'épis en fonction du traitement de la variété et du site

Le nombre d'épis obtenu par parcelle utile est représenté par la figure suivante.

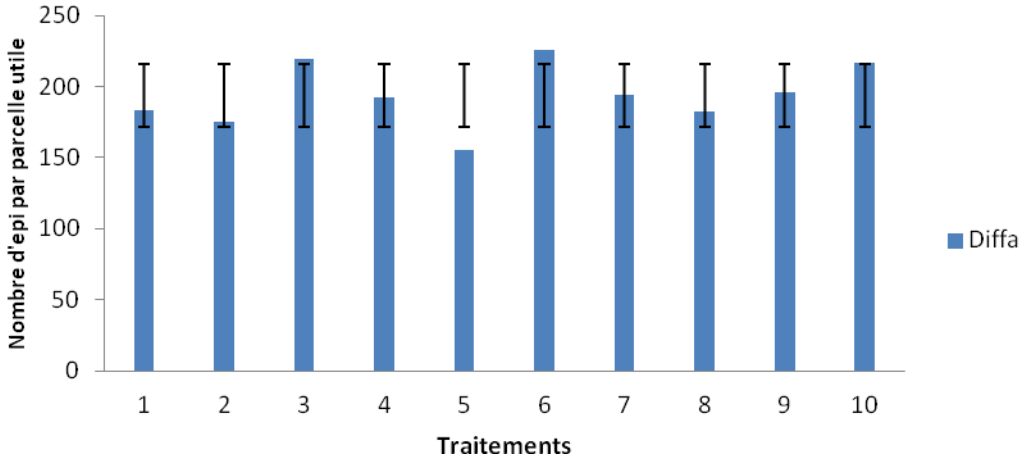


Fig. 8 : nombre des épis en fonction du traitement à Diffa

Traitements : (1) HKP témoin (2) Locale témoin (3) HKP/DAP enrobage (4) Locale/DAP micro-dose (5) HKP/NPK enrobage (6) Locale NPK enrobage (7) HKP/DAP micro-dose (8) Locale/NPK micro-dose (9) HKP/NPK micro-dose (10) Locale/DAP enrobage

Sur les dix(10) traitements, Diffa dépasse Kollo de neuf (9), autrement dit c'est au niveau de traitement 7 (HKP en micro-dose avec le DAP) seulement que Kollo dépasse Diffa.
Au niveau du site de Diffa les traitements 6 et 3 suivi de 10 et 9 ont donné les meilleurs résultats tandis que le traitement 5 a donné le plus faible résultat. Ainsi, pour le site de Diffa, il ressort que l'enrobage s'est montré plus efficace ensuite la micro dose, cependant, l'analyse de la variance montre que la différence n'est pas significative : Fpr = 0.51.

Pour le site de Kollo l'analyse de la variance indique que la différence est très significative, Fpr=0.01.

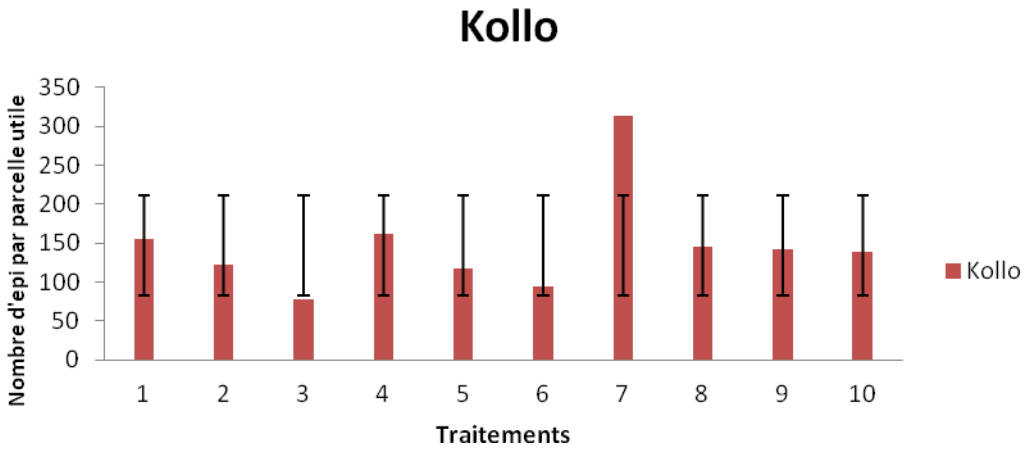


Fig. 9 : Effet du traitement sur le nombre d'épis à Kollo

Le traitement 7 a donné un résultat significativement différent de tous les autres traitements alors que le traitement 3 a donné le plus faible résultat. Ainsi, la micro-dose dépasse largement l'enrobage et les témoins (Figure 9).

4. la biomasse en fonction du traitement selon les sites

La biomasse fut calculée en kg/ha pour chaque traitement, les figures 10 montrent les résultats obtenus par site.

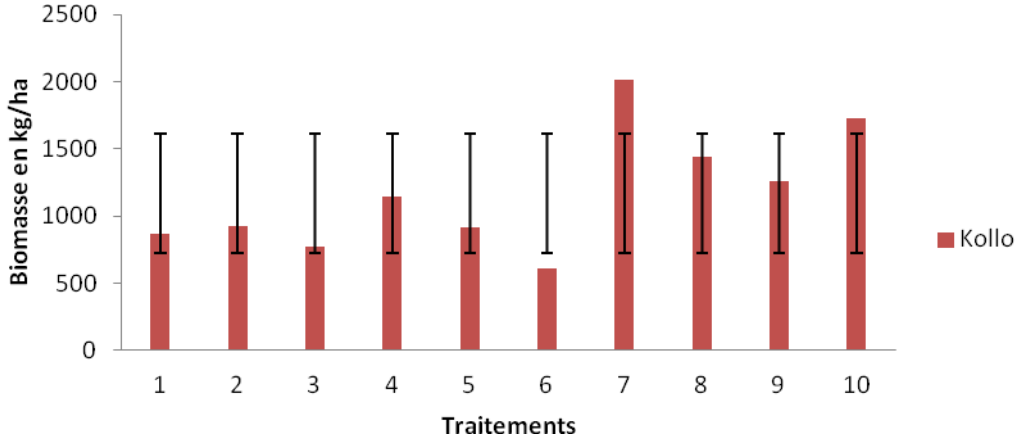


Fig. 10.1 : biomasse en fonction du traitement à Kollo
Traitements : (1) HKP témoin (2) Locale témoin (3) HKP/DAP enrobage (4) Locale/DAP micro-dose (5) HKP/NPK enrobage (6) Locale NPK enrobage (7) HKP/DAP micro-dose (8) Locale/NPK micro-dose (9) HKP/NPK micro dose (10) Locale/DAP enrobage

Il ressort que Kollo avec 449,6 mm de pluie pour cette campagne dépasse très largement Diffa avec 399,3 mm sur tous les dix traitements.

Au niveau du site de Diffa l'ANOVA montre que la différence est significative Fpr=0.04

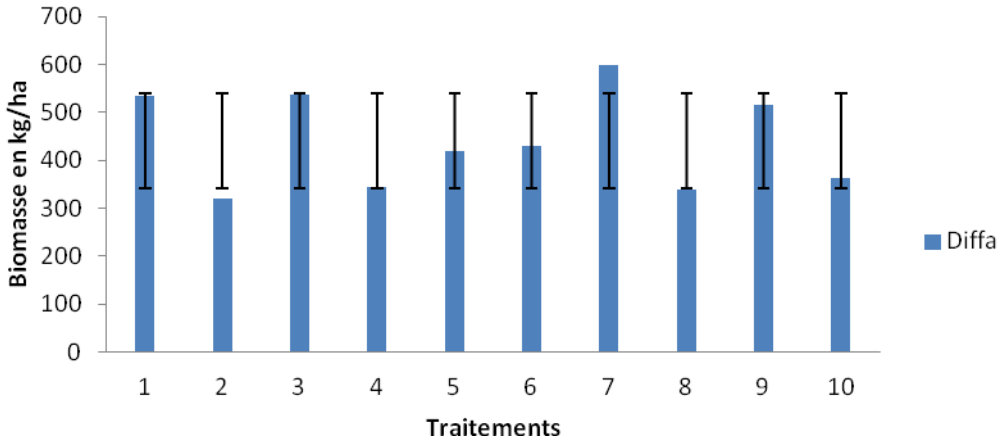


Fig. 10.2 : Effet du traitement sur la biomasse à Diffa
Traitements : (1) HKP témoin (2) Locale témoin (3) HKP/DAP enrobage (4) Locale/DAP micro-dose (5) HKP/NPK enrobage (6) Locale NPK enrobage (7) HKP/DAP micro-dose (8) Locale/NPK micro-dose (9) HKP/NPK micro-dose (10) Locale/DAP enrobage

La comparaison des moyennes indique cinq groupes selon les traitements (fig 10.2). Les traitements 7 et 1 ont donné respectivement 538,8 kg/ha, 512,5 kg/ha tout en étant relativement faibles et inférieurs à ceux obtenus par Bandoum (2006) (900kg/ha en micro dose avec la HKP et 1100kg/ha avec la locale) à Sadoré.

Au niveau du site de Kollo les traitements 7, 8, 9, et 10 ont donné les plus grands rendements : 2.009 kg/ha, 1.444 kg/ha, 1.254 kg/ha et 1.724 kg/ha (Figure 10.1) ; ces résultat corroborent ceux obtenus par Bandoum (2006) pour la micro dose avec le NPK (1.400 kg/ha) à Sadoré, ainsi la micro dose dépasse l'enrobage.

En définitif, les techniques de l'enrobage et de la micro-dose ont donné des faibles rendements, cela s'explique non seulement par une texture sableuse des sols des sites étudiés très pauvres en matières organiques, ce qui facilite la bonne fixation des éléments minéraux au sol (formation du complexe) et surtout que pour un sol exploité, les exportations d'azote et du phosphore sont beaucoup plus élevées que les importations (Evéquoz et Guéro, 2000**)** et les résultats obtenus confirment parfaitement que :

- ✓ l'enrobage et la micro-dose favorisent la croissance rapide de la plantule ;
- ✓ l'effet de l'enrobage et de la micro-dose dépend de la variété utilisée, du type d'engrais utilisé et des conditions agro-climatiques.

5. Analyse chimique du sol

Le tableau 3 traduit les résultats de l'analyse chimique des échantillons de sol du site de Diffa prélevés avant et après l'expérimentation.

Fertilisants / Traitements	Phosphore (ppm)		Carbone (%)		Matière Organique (%)		Azote (%)	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après

HKP témoin (T1)	4,43	5,59	0,15	0,14	0,26	0,24	0,009	0,014
Locale témoin (T2)	3,87	3,72	0,10	0,11	0,18	0,19	0,009	0,012
HKP/DAP enrobage (T3)	2,26	4,34	0,10	0,19	0 ,16	0,32	0,005	0,019
Locale/DAP micro dose (T4)	3,17	3,79	0,11	0,13	0,18	0,22	0,009	0,012
HKP/NPK enrobage (T5)	3,38	2,29	0,15	0,10	0,26	0,17	0,008	0,009
Locale/NPK enrobage (T6)	3,74	3,80	0,11	0,14	0,19	0,24	0,008	0,008
HKP/DAP micro dose (T7)	2,54	4,18	0,15	0,16	0,26	0,27	0,006	0,018
Locale/NPK micro dose (T8)	2,44	2,49	0,12	0,12	0,20	0,22	0,007	0,016
HKP/NPK micro dose (T9)	3,44	1,81	0,14	0,12	0,24	0,21	0,005	0,016
Locale/DAP enrobage (T10)	3,61	2,24	0,11	0,13	0,19	0,22	0,007	0,013

Dans le cadre de cette analyse quatre éléments rentrant dans la fertilité du sol ont été dosés, à savoir le phosphore assimilable, le carbone, la matière organique et l'azote. Le tableau 3 montre les résultats obtenus par traitement et par échantillon avant et après l'expérimentation.

Globalement la teneur en M.O du sol est non satisfaisante car pour les sols de l'Afrique de l'Ouest les teneurs totales de l'ordre de 1 à 2% sont jugées satisfaisantes (Guero, 1987). Cela est d'autant plus vrais pour le phosphore assimilable et l'azote total ; ce qui confirme d'ailleurs les résultats de Dabin en 1967 qui trouve, qu'en général, les sols tropicaux sont pauvres en acide phosphorique et par conséquent ont un niveau de fertilité très bas en plus de la baisse de la teneur en carbone dans la couche superficielle du sol. La baisse d'importance en activité biologique, est due à sa minéralisation par les micro-organismes du sol, au manque d'apport de la fumure organique et à l'érosion (Morel, 1989).
Ainsi la micro-dose et enrobage n'ont pas d'effet significatif sur la fertilité du sol après une campagne agricole.

Conclusion

Suite aux tests de germination avant le semis aux champs, il a été constaté un faible taux de germination des semences enrobées par rapport aux témoins non enrobées, un taux plus faible de germination de la HKP (68%) par rapport à la locale (90%). D'autres tests de germinations ont confirmé l'hypothèse selon laquelle ces résultats sont dus à un problème de dosage de la matière adhésive (concentration de la gomme arabique) lors de l'enrobage des semences ou contamination provenant de la matière adhésive.

L'étude sur les effets de l'enrobage des graines avec de l'engrais et de la micro dose sur la performance des variétés du mil, suivant les deux zones agro-climatiques du Niger, a permis de constater la différence de la fertilisation par enrobage et par micro-dose sur la croissance du mil. De plus, ce résultat varie en fonction de la variété utilisée, du type d'engrais utilisé et des conditions agro-climatiques.

Dans l'ensemble, sur le terrain, la micro dose s'est montrée plus performante que l'enrobage, le DAP plus efficace que le NPK et la variété HKP plus performante que la locale. Concernant le rendement en tige de mil, le site de Kollo, avec 449,6 mm de pluie pour cette campagne agricole, dépasse largement le site de Diffa qui n'a reçu que 399,3 mm.

Bibliographie

1. ALI Ibrahim., 2010 : Influence de la profondeur d'application des fertilisants minéraux en micro dose sur la productivité du mil (*Pennisetumglaucum* (L.) R.Br.). UAM, CRESA, 53P.
2. BATIANO.A, MOKWUNYE.U, VLEK.P.L.G, KAOLA.S et SHAPIRO.B., 2003 : Soil Fertility Managment for Sustaivable Land Use in the West African Sudone-Sahelian zone, 253-286p.
3. BANDOUM YAMBAYE Patrick., 2006: Effets de la fertilization par micro dose sur la productivité du mil, les bilans des nutriments et de l'eau du sol au Niger. Mémoire de fin d'étude du Second cycle , UAM, 57p
4. BOIFFIN et SEBILLOTTE., 1982 : fertilité, potentialité, aptitude culturale. Bulletin technique, 370-372p et 345-353p.
5. Buerkert, A., Bationo, A., Dossa, K., 2000. Mechanisms of residue mulch-induced cereal growth increases in West Africa. Soil Sci. Soc. Am. J. 64, 346–358.
6. CHRISTIAN Pieri., 1989: Fertilité des terres de savane : bilan de trente ans de recherché et développement agricoles au Sud du sahara. 443p
7. DOUBEDJI Fatondji., 2002 : Organic amendement decomposition, nutrient release and nutrient uptake by millet (*Pennisetumglaucum*(L.) R.Br.) in a traditional and land rehabilitation technique (Zaï) in the Sahel edition CuvilierVerlag, Gottingen, 140p.
8. FAO., 2008 : http : //faostat.org
9. Hayashi K., T. Abdoulaye , B. Gerard , A. Bationo 2008 Evaluation of application timing in fertilizer micro-dosing technology on millet production in Niger, West Africa
10. Padmaja V. Karanam and Vincent Vadez., 2010 :Seed coating with phosphorus of pearl millet seeds improves early plant vigor and yield in low phosphorus soils (ICRISAT), 22p
11. Peltonen-Sainio P., Kontturi, M. & Peltonen, J. (2006). Phosphorus Seed Coating Enhancement on Early Growth and Yield Components in Oat. *Agronomy Journal*,98: 206–211.
12. PAYNE.W., 1997: Managing yield and water use of pearl millet in the sahel. Agronomy journal, 481-490p.
13. Rebafka, F.P., Bationo, A. & Marschner, H. (1993). Phosphorus seed coating increases uptake, early growth and yield of pearl millet (Pennisettum glaucum R.Br.) grown on an acid sandy soil in Niger, West Africa. Fertilizer Research, 35: 151–160.
14. Tabo, R., Bationo, A., Gerard, B., Ndjeunga, J, Marchal, D., Amadou, B., Annou, G., Sogodogo, D.,Taonda, J.B.S., Hassane O., Maimouna K. Diallo and Koala, S. 2007. Improving cereal productivity and farmers' income using a strategic application of fertilizers in West Africa. Pages 201-208; In: advances in integrated soil fertility management in Sub-Saharan Africa: Challenges and opportunities (Andre Bationo, Boaz Waswa, Job Kihara and Joseph Kimetu, eds); 1091 pp.