

Effets de différents types d'amendements sur le rendement du mil et la fertilité du sol au Sahel

Mamadou Sangaré, Salvador Fernández-Rivera, André Bationo, Pierre Hiernaux, Vijay S. Pandey

Dans les zones semi-arides de l'Afrique de l'Ouest, outre l'irrégularité des pluies et les températures élevées, le niveau de fertilité des sols constitue durablement la contrainte majeure limitant les rendements des cultures [1, 2]. Les engrais minéraux binaires (N P) ou ternaires (N P K) parce qu'ils contiennent de l'ammonium, ou son précurseur l'urée, provoquent après une phase favorable une acidification du milieu préjudiciable à la production du mil [3]. En outre, le coût des fertilisants chimiques limite leur utilisation.

L'application de tiges de mil (seules ou en combinaison avec les engrais minéraux) accroît la fertilité chimique des sols et la production du mil [4-8], mais l'enfouissement de paille ne suffit pas à éviter l'acidification à long terme [3]. Par ailleurs, la faible disponibilité des chaumes de mil en fin de saison sèche [9, 10] limite l'adop-

tion généralisée de cette technique. Le parage des animaux au champ a fait l'objet de peu d'investigations. Le passage de la biomasse par le tractus gastro-intestinal des ruminants entraîne une fragmentation et une décomposition partielle de la matière organique et peut, après apport au sol, permettre la synchronisation de la libération des éléments nutritifs avec le besoin des cultures [11]. Le parage entraîne le dépôt des fèces sur le champ avec un minimum d'exportations, surtout avec les urines riches en N et K et qui contribuent à tamponner l'acidité du sol [12, 13]; mais une partie importante de l'azote urinaire est ensuite perdue rapidement par lessivage ou par volatilisation [12, 14]. Les effets de différents types de paillages, combinés ou non au parage du bétail au champ, sur la production de mil et la fertilité du sol ont été analysés dans une zone semi-aride du Niger.

Matériels et méthodes

L'expérience a eu lieu à Boundou (13°32'30" Nord, 2°35'00" Est), situé à 60 km à l'ouest de Niamey, dans la zone semi-aride du Niger. La pluviosité moyenne annuelle y est de 450 mm répartis entre juin et septembre, la saison sèche s'étalant d'octobre en mai. Au cours de la saison des pluies de 1997 on a observé un déficit pluviométrique généralisé qui était de 32 % par rapport à la moyenne observée à Sadoré (Niamey).

L'expérience a été menée dans le champ d'un agro-pasteur du village de Boundou dont le troupeau a été utilisé pour le parage. Le sol est de type sableux.

Neuf traitements ont été appliqués avec quatre répétitions (tableau 1). Les traitements ont été mis en place en avril et mai 1996. Les apports de N et de P en première année de culture ont été calculés à partir des quantités de mulch et/ou de fèces et d'urine appliquées et de leur teneur en N et en P. L'azote (N) résultant du parage nocturne des bovins a été calculé [15], et 50 % de cette quantité de N a été considéré comme perdu par volatilisation d'ammoniac [16]. Une variété locale de mil (*Pennisetum glaucum* L.) a été semée sur les parcelles en juin 1996 à la densité de 10 000 poquets à l'hectare. Le démariage a été fait à trois plants par poquet. Au cours de la saison sèche qui a suivi, le champ de mil a été pâturé par les bovins, et les tiges non consommées sont restées sur les parcelles. L'année suivante, une deuxième culture de mil a été faite sur les mêmes parcelles pour mesurer les effets résiduels des traitements.

La production de phytomasse aérienne a été déterminée la première année à 25, 55, 65, 75 et 85 jours après semis (JAS). La masse totale à la récolte et le rendement en grain ont été déterminés à 118 JAS. Les teneurs (g kg^{-1} MS) de N et P dans le grain, les feuilles et les tiges ont été déterminées à la récolte, et le prélèvement total de ces éléments par le mil en a été déduit.

Le bilan des éléments N et P a été effectué à la fin de la première année. Des échantillons de terre de l'horizon 0 à 20 cm ont

M. Sangaré, S. Fernández-Rivera, P. Hiernaux : International Livestock Research Institute, PO Box 12404, Niamey, Niger.

A. Bationo : Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), PO Box 30592, Nairobi, Kenya. <a.bationo@cgiar.org>.

M. Sangaré, V.S. Pandey : Institute of Tropical Medicine, Nationalestraat 155, B-2000 Antwerpen, Belgique.

Tirés à part : M. Sangaré, Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en Zone Subhumide, 01 BP 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso. <mamadousangare@hotmail.com>

Thèmes : Agronomie ; Phytotechnie.

Tableau 1

Traitements, quantités d'azote (N) et de phosphore (P) appliquées (kg ha⁻¹) au cours de la première année de culture (1996)

Traitements	Caractéristiques des traitements	N	P	
Parcage + Paillage (Prc + Pe)	As + Prc	3 t ha ⁻¹ de MSF par parcage de 4 bovins 6 nuits sur 3 t ha ⁻¹ de mulch de paille d' <i>A. sieberiana</i>	75,9	7,5
	Gs + Prc	3 t ha ⁻¹ de MSF par parcage de 4 bovins 6 nuits sur 3 t ha ⁻¹ de mulch de feuille séchée de <i>G. senegalensis</i>	99,8	9,5
	Tm + Prc	3 t ha ⁻¹ de MSF par parcage de 4 bovins 6 nuits sur 3 t ha ⁻¹ de mulch de tige de mil	75,9	7,8
Paillage seul (Pe)	As	3 t ha ⁻¹ de mulch de paille d' <i>A. sieberiana</i>	9,0	0,6
	Gs	3 t ha ⁻¹ de mulch de feuille séchée de <i>G. senegalensis</i>	33,0	2,4
	Tm	3 t ha ⁻¹ de mulch de tige de mil	9,0	0,9
Parcage seul	Prc	3 t ha ⁻¹ de MSF par parcage de 4 bovins 6 nuits sur sol nu	66,9	6,9
Fumier sec	Fu	3 t ha ⁻¹ de MSF par épandage de fèces de bovin sans urine	51,0	6,9
Témoin	Tém	Sans mulch et sans fèces	-	-

* MSF : matière sèche fécale.

Treatments, N and P applied (kg ha⁻¹) during the first year (1996)

été prélevés en juin 1996 (2 jours après une pluie de 26 mm), puis après la récolte, pour déterminer le pH (KCl), P (Bray-1), C, N total, N-NH₄ et N-NO₃.

Les effets des traitements sur la fertilité du sol, les rendements du mil et le prélèvement de N et P par le mil ont été soumis à une analyse de variance, tandis que les contrastes orthogonaux ont été utilisés pour comparer entre eux les effets des traitements sur ces mêmes paramètres [17].

Résultats

Le type de paillage (mulch) n'a pas eu d'effet significatif sur les paramètres mesurés. C'est pourquoi les données des trois premiers traitements ont été regroupées en termes de paillage plus parcage (Pe + Prc) avant analyse statistique. Les trois traitements suivants ont également été regroupés en termes de paillage (Pe).

Croissance du mil

La croissance du mil est représentée sur la figure. Elle fut plus rapide dans le traitement Pe + Prc que dans le traitement Prc ou Pe. La croissance a été significativement stimulée par le paillage à 65 JAS (tallage/montaison) avec un effet résiduel (P < 0,07) à 75 JAS (floraison), tandis que le parcage agissait depuis le tallage (P < 0,05) jusqu'à la grenaison

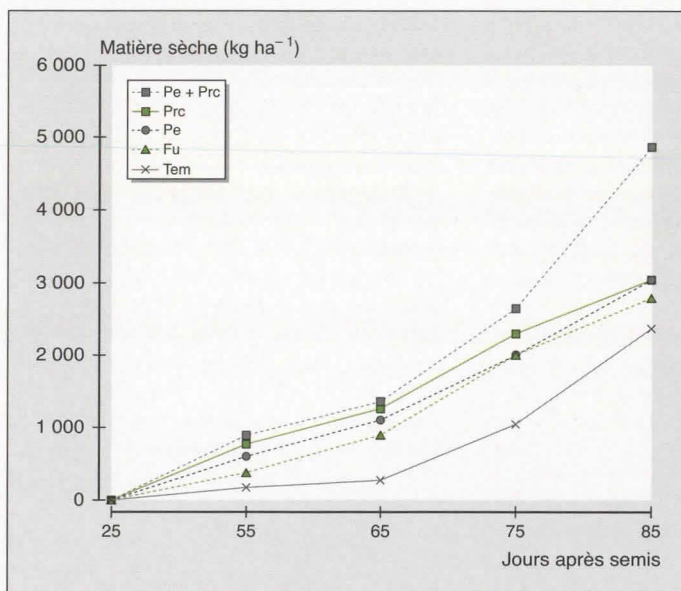


Figure. Effet du fumier sans urine (Fu), du paillage (Pe) et/ou du parcage (Prc) par rapport au témoin (Tem) sur la croissance du mil en 1996.

Figure. Effect of dung without urine (Fu), mulching (Pe) and/or corraling of cattle (Prc) compared to control bare soil (Tem) on millet growth in 1996.

(P < 0,01). Les effets du paillage et ceux du parcage n'ont pas été additifs.

Rendement en grain et en chaume de mil

Tous les amendements pris ensemble ont significativement augmenté les rendements du mil tant en grain qu'en chaume (tableau 2). Le traitement Pe + Prc a augmenté le rendement en grain de 78 % et le rendement en chaume de 42 %, le traitement Prc de 61 et 32 %,

et le traitement Pe de 49 et 38 %. Les rendements en grain et en chaume n'ont pas été significativement différents pour le traitement Prc et pour l'épandage de fèces séchées (tableau 2). Le maintien des chaumes sur le champ augmente de 18 % le fourrage (limbe et gaine foliaire) potentiellement consommable *in situ* par le bétail et recycle 57 % en plus de résidus de mil (tige + résidu du battage) par rapport au témoin (10 et 45 % pour Prc ; 25 et 46 % pour Pe).

La deuxième année de culture effectuée pour caractériser l'effet résiduel des diffé-

Tableau 2
Effet et effet résiduel des traitements sur le rendement en grain, en chaume, en feuille et en tige de mil (kg ha⁻¹)

Traitement	Première année				Deuxième année			
	Grain	Résidu	Feuille	Tige	Grain	Résidu	Feuille	Tige
Pe + Prc	939	3 489	1 115	1 852	204	2 692	756	1 402
Parcage	852	3 233	1 040	1 793	136	1 835	472	884
Paillage	788	3 392	1 177	1 850	167	2 202	598	1 181
Fumier	746	3 299	1 248	1 872	94	1 832	461	851
Témoin	527	2 455	945	1 417	69	761	149	289
esm	90	120	–	–	40	317	–	–
Contrastes	P < F ^a							
Tém vs autres	0,04	0,01	–	–	0,04	0,01	–	–
Pe + Prc vs Prc	0,35	0,30	–	–	0,15	0,40	–	–
Pe + Prc vs Pe	0,06	0,89	–	–	0,27	0,15	–	–
Prc vs Fu	0,57	0,37	–	–	0,46	0,92	–	–

Prc : parcage ; Pe : paillage ; Fu : fumier ; Tém : témoin ; esm : erreur standard des moyennes des traitements ; ^a P < 0,05.

Effect and residual effect of treatments on millet grain and stover yields (kg ha⁻¹)

rents traitements, la réduction moyenne du rendement de 81 % pour le grain et de 39 % pour les chaumes par rapport à la première année a été en partie imputable au déficit des pluies et aux attaques d'insectes au moment de la grenaison. Seules les différences de rendement (grain et chaumes) entre le témoin et les autres traitements sont demeurées significatives.

Prélèvement de N et P par la culture de mil

La concentration de N dans les grains, les feuilles et les tiges, et celle de P dans les feuilles et les tiges ont significativement diminué avec l'augmentation de la biomasse en première année de culture (tableaux 3 et 4). En deuxième année,

seule la teneur en N du témoin était inférieure à celle des autres traitements.

En première année, le prélèvement de P s'est accru dans le traitement Prc et dans le traitement Pe ; en deuxième année, tant N que P ont augmenté dans le traitement Prc et dans le traitement Pe. Vu l'augmentation significative de la biomasse, les prélèvements de N et de P dans les autres

Tableau 3
Effet en première année des traitements sur les teneurs (g kg⁻¹) de N et P dans les différents organes du mil et sur le prélèvement (kg ha⁻¹) de N (N_p) et P (P_p)

Traitement	N (g kg ⁻¹)			N _p (kg ha ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)			P _p (kg ha ⁻¹)
	grain	feuille	tige		grain	feuille	tige	
Pe + Prc	27,5	7,5	4,8	43,1	6,3	0,9	0,5	7,9
Parcage	28,7	8,5	5,0	42,2	6,4	0,8	0,6	7,4
Paillage	28,9	8,9	5,5	43,5	6,1	0,7	0,5	6,
Fumier	31,3	7,7	4,8	42,0	6,4	0,6	0,7	6,9
Témoin	29,8	8,9	5,3	31,6	5,8	0,8	0,7	4,9
esm	1,7	0,6	0,5	2,2	0,5	0,1	0,1	0,5
Contrastes	P < F ^a							
Tém vs autres	0,53	0,24	0,75	0,01	0,36	0,81	0,24	0,01
Pe + Prc vs Prc	0,54	0,17	0,81	0,73	0,81	0,45	0,39	0,40
Pe + Prc vs Pe	0,29	0,01	0,15	0,81	0,63	0,08	0,77	0,01
Prc vs Fu	0,27	0,39	0,83	0,95	0,97	0,41	0,73	0,42

Prc : parcage ; Pe : paillage ; Fu : fumier ; Tém : témoin ; esm : erreur standard des moyennes des traitements ; ^a P < 0,05.

Effects during the first year of treatments on N and P contents (g kg⁻¹) of millet tissues, and N and P uptake (kg ha⁻¹)

Tableau 4

Effet résiduel en 2^e année des traitements sur le taux (g kg⁻¹) de N et P dans les différents organes du mil et du prélèvement (kg ha⁻¹) de N (N_p) et P (P_p)

Traitement	N (g kg ⁻¹ MS)			N _p (kg ha ⁻¹)	P (g kg ⁻¹ MS)			P _p (kg ha ⁻¹)
	grain	feuille	tige		grain	feuille	tige	
Pe + Prc	29,1	8,8	6,8	22,0	4,0	1,1	0,5	2,3
Parcage	30,0	10,0	8,4	16,2	3,6	1,0	0,4	1,3
Paillage	28,6	9,2	7,1	18,7	3,8	1,0	0,5	1,8
Fumier	27,4	7,5	5,9	11,0	3,4	0,9	0,7	1,4
Témoin	30,9	9,2	7,2	5,6	3,5	1,0	0,3	0,5
esm	1,0	1,1	1,1	2,1	0,2	0,1	0,1	0,2
Contrastes				P < F ^a				
Tém vs autres	0,01	0,82	0,86	0,01	0,10	0,81	0,12	0,01
Pe + Prc vs Prc	0,42	0,39	0,23	0,20	0,09	0,57	0,25	0,01
Pe + Prc vs Pe	0,58	0,67	0,69	0,06	0,37	0,37	0,23	0,01
Prc vs Fu	0,07	0,13	0,13	0,09	0,56	0,51	0,01	0,73

Prc : parcage ; Pe : paillage ; Fu : fumier ; Tém : témoin ; esm : erreur standard des moyennes des traitements ; ^a P < 0,05.

Residual effects of treatments on N and P contents (g kg⁻¹) of millet tissues, and N and P uptake (kg ha⁻¹)

traitements ont été plus élevés que celui du témoin (tableaux 3 et 4). Il en a été de même pour le prélèvement de P dans le traitement Pe + Prc par rapport aux traitements Pe en première année et par rapport aux traitements Pe et Prc en deuxième année. Les apports de N et de P ont été plus élevés dans le traitement Pe + Prc que dans les traitements Prc, Pe ou le témoin (tableau 5). Le bilan de P était nul à négatif après une saison de culture pure de mil sur les parcelles ayant bénéficié d'une seule campagne de paillage et/ou de parcage.

Propriétés chimiques du sol

Les propriétés chimiques mesurées n'ont pas été influencées par le type de mulch. En début de saison des pluies (tableau 6), les traitements Pe et/ou Prc ont augmenté le pH du sol de 0,1 à 0,4 unité. Le traitement Pe + Prc a augmenté le pH de 0,1 unité (P > 0,31) par rapport au traitement Pe et 0,3 unité (P > 0,07) par rapport au traitement Prc. Le parcage seul (Prc) (apport de fèces + urine) n'a pas eu d'effet significatif sur le pH du sol par rapport à l'épandage de

fèces sans urine (Fu). Tous les traitements ont augmenté (P > 0,06) le P Bray 1 par rapport au témoin. Le traitement Pe + Prc a augmenté (P > 0,06) la teneur du sol en P Bray-1 en début de saison des pluies, par rapport au traitement Pe (tableau 6). En fin de saison des pluies (tableau 7), il y a eu une acidification (P < 0,05) et une réduction de la teneur du sol en P (P < 0,05) dans les parcelles témoins. Dans les traitements Pe + Prc, Prc et Pe le P Bray 1 mesuré après la récolte s'est maintenu à un niveau supérieur à celui des parcelles témoins. Pe + Prc a presque doublé N-NO₃ du sol par rapport à Pe et au témoin en fin de saison des pluies. À la même période, le taux de N-NO₃ dans les autres traitements dépassait celui du témoin de 1 à 1,5 unité.

Tableau 5

Apport d'azote (N) et de phosphore (P) par le paillage et/ou le parcage ou le dépôt de fumier, N et P prélevés par la culture (1^{re} année), N et P résiduels calculés

Traitement	Apport		Prélèvement		Bilan partiel	
	N	P	N	P	N	P
Paillage + Parcage	84	8,2	43,1	7,9	40,8	0,3
Parcage sur sol nu	67	6,9	42,2	7,4	24,7	-0,5
Paillage	17	1,3	43,5	6,7	-26,5	-5,0
Fumier sans urine	51	6,9	42,0	6,9	9,0	0,0
Témoin (sol nu)	-	-	31,6	4,9	-31,6	-4,9

Nitrogen and Phosphorus input, output and balance after the harvest of the first cropping season

Discussion

La protection des plantules contre le recouvrement par le sable et contre les températures élevées, la rétention des dépôts éoliens et la réduction de l'érosion par le mulch végétal [7] ou par les débris de bouses à la surface du sol expliquent davantage l'augmentation de la croissance du mil de 25 à 55 JAS que les apports d'éléments nutritifs par le mulch

Tableau 6

Propriétés chimiques du sol en début de saison des pluies

Traitement	Propriétés chimiques du sol						
	pH _(KCl)	P _{Bray1} (mg kg ⁻¹ P)	C org (%)	N total (mg kg ⁻¹)	N-NH ₄ (mg kg ⁻¹ N)	N-NO ₃ (mg kg ⁻¹ N)	C/N
Pe + Prc	4,6	2,7	0,23	193	3,7	1,0	12,3
Parcage	4,3	2,7	0,22	206	3,6	1,2	11,0
Paillage	4,5	2,5	0,23	204	3,3	1,1	11,4
Fumier	4,3	2,8	0,19	163	2,6	0,8	12,2
Témoin	4,2	2,2	0,19	153	2,9	0,7	12,7
esm	0,1	0,2	0,02	21	0,5	0,3	0,7
Contrastes	P < F ^a						
Tém vs autres	0,03	0,06	0,13	0,05	0,27	0,24	0,60
Pe + Prc vs Prc	0,07	0,94	0,62	0,58	0,90	0,43	0,12
Pe + Prc vs Pe	0,31	0,06	0,76	0,52	0,34	0,47	0,16
Prc vs Fu	–	0,75	0,35	0,16	0,18	0,30	0,25

Pe : paillage ; Prc : parcage ; Fu : fumier ; Tém : témoin ; esm : erreur standard des moyennes des traitements ; ^a P < 0,05.

Effect of treatments on soil chemical properties at the onset of rainy season

Tableau 7

Propriétés chimiques du sol après la récolte de la première culture de mil

Traitement	Propriétés chimiques du sol						
	pH _(KCl)	P _{Bray1} (mg kg ⁻¹ P)	C org (%)	N total (mg kg ⁻¹)	N-NH ₄ (mg kg ⁻¹ N)	N-NO ₃ (mg kg ⁻¹ N)	C/N
Pe + Prc	4,3	2,2	0,22	201	3,7	10,6	11,5
Parcage	4,2	2,2	0,22	185	3,7	6,3	12,4
Paillage	4,3	2,2	0,20	176	3,1	5,8	12,0
Fumier	4,2	1,8	0,18	144	3,3	5,4	13,1
Témoin	4,1	1,7	0,17	138	2,9	4,9	13,3
esm	0,1	0,2	0,02	20	0,6	2,8	0,7
Contrastes	P < F ^a						
Tém vs autres	0,02	0,05	0,12	0,10	0,18	0,63	1,13
Pe + Prc vs Prc	0,26	–	0,81	0,48	0,87	0,19	0,35
Pe + Prc vs Pe	–	0,87	0,17	0,13	0,20	0,09	0,51
Prc vs Fu	0,81	0,20	0,16	0,15	0,70	0,81	0,46

Pe : paillage ; Prc : parcage ; Fu : fumier ; Tém : témoin ; esm : erreur standard des moyennes des traitements ; ^a P < 0,05.

Effect of treatments on soil chemical properties after the harvest of the first cropping season

et/ou le fumier par rapport au témoin. L'effet du traitement Pe + Prc sur la croissance du mil a été plus précoce (P < 0,05 à 55 JAS) et plus étalé dans le temps (P < 0,01 à 85 JAS) que celui des traitements Pe, Prc et du témoin. L'effet du traitement Pe sur le rende-

ment en grain et en paille du mil cultivé sur les sols acides et sableux du Sahel a été signalé par plusieurs auteurs [6, 18, 19]. Il pourrait avoir pour origine un démarrage plus homogène [7, 8] ou une stimulation de la croissance des jeunes plants par l'apport des produits de la

décomposition organique des mulch (acides organiques, cations échangeables, etc.) [20].

Le traitement Pe + Prc a produit significativement plus de grains que les traitements Pe (P > 0,06) ou Prc (P > 0,35). Il se pourrait que la combinaison [fèces +

Summary

Effects of different types of amendment on millet yield and soil fertility in the Sahel

M. Sangaré, S. Fernández, A. Bationo, P. Hiernaux, V.S. Pandey

An experiment was carried out for two cropping seasons in the semi-arid Western Niger, to study the effect of three different types of mulch combined or not with night corralling of cattle. The effect of mulching combined or not with night corralling of cattle, corralling alone, and hand-spraying of cattle manure and control without mulch or manure were compared. The type of mulch did not affect soil fertility nor millet yield. Corraling associated with mulching compared to control, mulching or corralling increased millet growth (Figure 1), grain and stover yields (Table 2) due to synergetic effect of mulch, faeces and urine. Compared to control, soil pH increased whatever the type of amendment. Available P (Bray1-P) tended to increase when mulching was combined with corralling as compared to control, or when only mulch was applied (Table 6). Compared to hand-spread manure, urine applied through corralling had no significant effect on soil pH. Corraling with or without mulching, and mulching alone increased soil pH and reduced P during crop growth (Table 7). Based on millet production during the second year and soil nutrient balance (Table 5), it is concluded that one year of mulching (3 t. ha^{-1}), with or without one year of corralling ($3 \text{ t dry faeces ha}^{-1}$), had no significant residual effect on soil fertility.

Cahiers Agricultures 2001 ; 10 : 319-25.

urine + mulch] ait apporté au mil un flux plus important et plus régulier d'éléments nutritifs (notamment N et P) que l'application séparée des fèces plus l'urine (Prc) et des mulchs seuls (Pe).

En deuxième année de culture, le N résiduel du sol calculé (tableau 5) ou mesuré (tableau 6) a probablement été le facteur qui a contrôlé le rendement du mil (grain et chaume) en termes d'effets secondaires de Pe + Prc par rapport au témoin, à Pe et à Prc [16].

Les teneurs de N et de P dans les différents tissus du mil sont liées à la nature et aux quantités de N et P appliquées. Elles augmentent avec les sources de N et P solubles (urée, superphosphate simple, etc.) [19, 21, 22] mais non avec des sources de N et P moins solubles, riches en fibres [6] ou en tanins. La dilution des éléments nutritifs (plus de biomasse produite avec des tissus de soutien aux teneurs plus faibles en N et en P) ou la croissance plus rapide de la plante permet d'accomplir la totalité du cycle, avec translocation des éléments nutritifs des tiges et des feuilles vers les organes de réserve. Le prélèvement total de N et P a été en grande partie influencé par la quantité de grains, de feuilles et de tiges produites, les traitements affectant les concentrations en ces éléments.

L'augmentation des quantités de P Bray-1 par association du paillage au parcage,

par rapport au témoin ($P < 0,05$) et au paillage simple ($P > 0,06$), s'explique en partie par l'augmentation du pH de 0,3 et 0,1 point [7] due à l'application d'urine. D'autres auteurs [12, 13, 16, 23] ont observé un effet beaucoup plus marqué de l'urine sur le pH du sol (0,6 à 3 unités), et la persistance d'un taux élevé de N minéral total (14 à 128 jours après son application). Même en restituant les tiges de mil sur les parcelles, sans tenir compte des autres formes d'apport (pluie, vent, fixation N_2), seul le traitement Pe + Prc permet de combler le prélèvement d'azote et de phosphore par la culture de mil.

Conclusion

Le bilan de N et de P à l'issue de la première année de culture du mil suffit à expliquer l'effet secondaire supérieur en seconde année dans le traitement Pe + Prc par rapport aux autres traitements. Avec les doses de fèces et de mulch appliquées, l'effet d'une année de Pe + Prc sur les propriétés chimiques du sol reste limité. L'effet très limité en seconde année du traitement Pe + Prc sur la production de mil pourrait s'expliquer par l'effet conjugué de la réduction de la fertilité du sol et du déficit pluviométrique

de la campagne 1997. Une application annuelle, ou deux ans sur trois, pourrait augmenter l'azote minéral résiduel et ainsi accroître le rendement des cultures [21] ■

Références

1. Bationo A, Mokwunye AU. Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa. *Fert Res* 1991 ; 29 : 95-115.
2. Bationo A, Biolders CL, Van Duivenboden N, Buerkert A, Seyni F. The management of nutrient and water in the West African semi-arid tropics. In : *Management of nutrients and water in rainfed and semi-arid areas*. Proceedings of a consultant meeting organised by the joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. IAEA-Tec doc-1026, 1998 : 15-36.
3. Pichot J, Sedogo MP, Poulain JF, Arrivets J. Évolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. *Agron Trop* 1981 ; 36 : 122-33.
4. Geiger SC, Manu A, Bationo A. Changes in a sandy Sahelian soil following crop residue and fertilizer additions. *Soil Sci Soc Am J* 1992 ; 56 : 172-7.
5. Hafner H. *Effects of organic and inorganic fertilizer application on growth and mineral nutrient uptake of pearl millet (Pennisetum glaucum L.) and groundnut (Arachis hipogaea L.) in an acid sandy soil of Niger*. Stuttgart, Germany : Verlag Ulrich E. Grauer, 1992.
6. Bationo A, Christianson CB, Klaij MC. The effect of crop residue and fertilizer use on pearl millet yields in Niger. *Fert Res* 1993 ; 34 : 251-8.
7. Buerkert A, Michels K, Lamers JPA, Marschner H, Bationo A. Anti-erosive, soil physical, and nutritional effects of crop residues. In : Buerkert B, Allison BE, von Oppen M, eds. *Wind erosion in Niger. Implications and control measures in a millet-based farming system* 1996 : 123-38.
8. Eltrop L, Allison BE, Michels K, Sivakumar MVK. Effects of different rates of crop residue application on wind erosion, soil properties and millet growth. In : Buerkert B, Allison BE, von Oppen M, eds. *Wind erosion in Niger. Implications and control measures in a millet-based farming system* 1996 : 139-51.
9. Pieri C. Fertilisation des cultures vivrières et fertilité des sols en agriculture paysanne subsaharienne. *Agro Trop* 1986 ; 41 : 1-20.
10. Baidu-Forsan J. Determinants of the availability of adequate millet stover for sustainable crop production in the Sahel. *J Sust Agric* 1995 ; 5 : 101-16.
11. Powell JM, Fernández-Rivera S, Höfs S. Effects of sheep diet on nutrient cycling in mixed farming systems of semi-arid West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1994 ; 85 : 862-6.
12. Stilwell MA, Woodmansee RG. Chemical transformation of urea-nitrogen and movement of nitrogen in a shortgrass prairie soil. *Soil Sci Soc Am J* 1981 ; 45 : 893-8.
13. Somda ZC, Powell JM, Bationo A. Soil pH and nitrogen changes following cattle and sheep urine deposition. *Commun Soil Sci Plant Anal* 1997 ; 28 : 1253-68.

14. Russelle MP. Nitrogen cycling in pasture and range. *J Prod Agric* 1992 ; 5 : 13-23.

15. Schlecht E, Fernández-Rivera S, Hiernaux P. Timing size and N-concentration of faecal and urinary excretions in cattle, sheep and goats: Can they be exploited for better manuring of cropland? In : Renard G, Neef A, Becker K, von Oppen M, eds. *Soil fertility management in West African land use systems* 1998 : 361-7.

16. Powell JM, Ikpe FN, Somda ZC, Fernández-Rivera S. Urine effect on soil chemical properties and the impact of urine and dung on pearl millet yield. *Experimental Agriculture* 1998 ; 34 : 259-76.

17. SAS 1987. SAS/STAT for personal computers, SAS Institute, Cary, NC, USA. 1 027 p.

18. Rebafka FP, Hebel A, Bationo A, Stahr K, Marschner H. Short- and long-term effects of crop residues and of phosphorus fertilization on pearl millet yield on acid sandy soil in Niger. *Field Crop Research* 1994 ; 36 : 113-24.

19. Muehlig-Versen B, Buerkert A, Bationo A, Marschner H. Crop residue and phosphorus management in millet based cropping systems on sandy soils of the Sahel. In : Renard G, Neef A, Becker K, von Oppen M, eds. *Soil fertility management in West African land use systems* 1998 : 31-40.

20. Hue NV. Effects of organics acids/anions on P sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. *Soil Sci* 1991 ; 152 : 463-71.

21. McCracken DV, Corack SJ, Frye WW, Blewins RL. Residual effects of nitrogen fertilization and winter cover cropping on nitrogen availability. *Soil Sci Soc Am J* 1989 ; 53 : 1459-64.

22. Killorn R, Zourarakis D. Nitrogen fertilizer management effects on corn grain yield and nitrogen uptake. *J Product Agric* 1992 ; 5 : 142-8.

23. Vallis I, Harper LA, Catchpoole VR, Weier KL. Volatilization of ammonia from urine patches in a subtropical pasture. *Australian J Agric Res* 1982 ; 33 : 97-107.

Résumé

L'effet de différents types d'amendements associés ou non au parage nocturne de bovins dans le champ, et celui de l'application de fumier sur la production de mil et la fertilité du sol ont été étudiés. L'augmentation des rendements du mil dans le traitement paillage associé au parage est expliquée par l'action synergique des fèces, de l'urine et du mulch.

La production de mil et les propriétés chimiques du sol n'ont pas été influencées par la nature du mulch. Le parage des bovins associé ou non au paillage, le paillage seul ou l'épandage de fèces séchées ont significativement augmenté le pH du sol par rapport au témoin sans amendement. Le parage des bovins associé au mulching par paille a augmenté significativement la teneur du phosphore disponible dans le sol par rapport au paillage seul. Il en a été de même avec tous les autres types d'amendements par rapport au témoin. Le parage qui apporte les fèces + l'urine n'a pas eu d'effet significatif sur le pH du sol par rapport à l'épandage de fèces séchées sans urine. Dans les parcelles témoin, il y a eu acidification et diminution de la teneur du P dans le sol après la récolte. En se basant sur la production de mil en deuxième saison de culture et sur le bilan du *tableau 5*, on peut conclure qu'une année de mulching (3 t. ha^{-1}) associé ou non au parage des bovins (3 t de matière sèche fécale ha^{-1}) a un effet résiduel non significatif sur la fertilité du sol.
