

RÉPONSE DU BLÉ DUR (*Triticum durum* Desf.) VARIÉTÉ ACSAD 1107 AUX APPORTS DE BOUE RÉSIDUAIRE SOUS CLIMAT SEMI-ARIDE

L. TAMRABET (1), H. BOUZERZOUR (3), M. MEKHOLOUF (2), M. KRIBAA (1)

1 - Laboratoire de recherche RNAMS, Centre universitaire Ben Mhidi, Oum El Bouaghi (04000), Algérie.

2 - Ferme expérimentale ITGC de Sétif (19000), Algérie.

3 - Département de biologie, faculté des sciences, université de Sétif (19000), Algérie.

RÉSUMÉ

L'utilisation des boues résiduaires sur de grandes étendues à des doses relativement faibles permet d'apporter une solution à terme pour la gestion des déchets urbains. Cette solution est d'autant plus intéressante que les boues utilisées dans le domaine agricole se révèlent bénéfiques en terme d'augmentation de la production. Les résultats de la présente contribution dont l'objectif était d'étudier la réponse d'une culture de céréale conduite en pluvial aux amendements organiques à base de boues résiduaires indiquent une augmentation du rendement en grains et des composantes du rendement notamment la fertilité de l'épi ainsi que la production de paille. Les apports de boue, pour une moyenne de 30 t de ms/ha, s'avèrent aussi efficaces que 66 kg d'azote minéral.

Mots Clés : boue résiduaire, blé dur, rendement, matière organique, fertilisation minérale.

SUMMARY

The use of sewage sludge on a large scale and at relatively low rates can contribute to the husbandry of urban wastes. This is interesting since this utilization in agriculture appeared to increase crop production. The results of the present investigation, whose objective was to study the response of a rain-fed cereal crop to organic amendment with sewage sludge showed an increase in grain yield and yield component, mainly spike fertility and straw production. 30t/ha of sewage sludge dry matter were as efficient as 66 kg/ha of mineral nitrogen.

Key words : sewage sludge, durum wheat, grain yield, organic mater, mineral fertilization.

ملخص

[العنوان : استجابة القمح القاسي صنف اكساد 1107 لإضافات من الحمأة في منطقة شبه جافة]

إن استعمال الحمأة المستخلصة من المياه المنزلية على نطاق واسع و بجرع ضعيفة قد تقدم كحل مؤقت لتسيير الفضلات الحضارية، يعتبر هذا الحل جذابا و مفيدا لأن استخدام الحمأة في الميدان الزراعي يؤثر إيجابا على الإنتاج. تشير نتائج هذه المساهمة التي تهدف إلى دراسة استجابة محصول القمح المطري للتسميد العضوي بالحمأة الى زيادة الغلة و مركبات الغلة و خاصة خصوبة السنبل و مردود القش. تظهر جرع الحمأة بمعدل 30 طن/هكتار من المادة الجافة فعالية مماثلة ل 66 كيلوغرام من الأزوت المعدني.

الكلمات المفتوحة : الحمأة، القمح القاسي، الغلة، المادة العضوية، التسميد المعدني.

INTRODUCTION

Les activités humaines génèrent des déchets en quantités de plus en plus élevées, leur gestion pose de gros problèmes particulièrement environnementaux. De ce fait, la recherche d'itinéraires de recyclage est devenue une nécessité. Les boues résiduaires, au même titre que les eaux usées dont elles dérivent, peuvent être mises à profit dans les régions où la variation climatique du milieu associée au coût de production ne permettent pas toujours d'utiliser les fertilisants chimiques pour pallier à la faiblesse de fertilité des sols cultivés. L'utilisation des boues résiduaires traitées dans ce domaine apparaît comme une alternative attrayante pour augmenter la production [1].

En effet, les sols traités avec des boues gardent plus longtemps l'humidité et la végétation installée sur de tels sols un système racinaire plus développé comparativement aux sols non traités [2]. Les boues résiduaires libèrent progressivement les éléments nutritifs et notamment l'azote pour le mettre à la disposition de la plante tout le long de son cycle. La libération de l'azote est fonction des conditions climatiques prévalentes, des quantités de boues apportées et du rapport C/N [3].

Les sols traités avec des boues résiduaires sèches tendent à avoir un pH neutre et s'enrichissent en phosphore et en matière organique [4]. Cependant, les boues apportées sont souvent une source de pollution des eaux souterraines lorsqu'elles sont chargées de nitrates qui migrent vers les nappes phréatiques [5]. Elles sont la cause de la salinité du sol [6], de la pollution liée aux métaux lourds [7] et d'odeurs désagréables [8]. La présente contribution étudie la réponse du blé dur, (*Triticum durum* Desf.) variété Acsad 1107, à l'épandage de boues résiduaires sous climat semi-aride.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'expérimentation a été conduite sur le site expérimental de la station ITGC de Sétif au cours de la campagne agricole 2002/03. L'essai a été mis en place selon un dispositif expérimental en blocs aléatoires complet avec trois répétitions. Il comporte 5 traitements, un traitement sans boue et sans fertilisation azotée, un traitement sans boue mais fertilisé avec 33 unités d'azote minéral par hectare, apportés au stade tallage (le 31/03/03) sous forme d'urée, et trois traitements comportant l'épandage de 20, 30 et 40 tonnes matière sèche/ha. Les caractéristiques de la boue utilisée sont données au tableau I.

Tableau I : Caractéristiques des boues résiduaires (Station d'épuration des eaux usées d'Ain Sfiha, Sétif).

Paramètres	valeurs moyennes
Humidité (%)	80
pH	7.3
CE (mmhos/cm)	2.61
N total (%)	3.3
C (%)	33.5
P total (%)	5.7
K (%)	0.5

Le semis de la variété de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Acsad 1107 a été réalisé le 20/12/02 avec une densité de 300 grains/m² sur des parcelles élémentaires de 6 rangs x 5 m de long avec un écartement inter-rangs de 20 cm. La boue a été desséchée dans une étuve pendant 36 heures à 80 °C, broyée, puis passée à travers un tamis de mailles de 10 x 10 mm. L'épandage a été effectué sur les inter-rangs au stade tallage de la céréale.

Le suivi de la culture a porté sur la hauteur du chaume. Le nombre d'épis/m² et la biomasse aérienne ont été déterminés sur la base des mesures faites sur un bottillon de végétation récolté d'un rang long de 1 m linéaire par répétition. Le rendement en grains a été mesuré après

la récolte mécanique de l'essai. Le poids de 1000 grains est estimé sur la base du poids de 250 grains comptés du produit récolté par répétition. Les variables nombre de grains/m² (NGM²), nombre de grains par épi (NGE), la biomasse aérienne produite au stade épiaison (BIOE), le taux de croissance végétative (TCV), taux de remplissage des grains/m² (GFR), l'indice de récolte (HI) et la paille produite (PII) ont été calculés à partir des moyennes des variables mesurées selon les formules suivantes :

$$\text{NGM}^2 = 1000(\text{RDT}/\text{PMG})$$

Où RDT = rendement en grains (g/m²)

PMG = poids de 1000 grains

$$\text{NGE} = \text{NGM}^2/\text{NE}$$

Où NGE = Nombre de grains/épi

NE = nombre d'épis/m²

$$\text{BIOE} = \text{BIOM}-\text{RDT}$$

Où BIOM = Biomasse aérienne produite à maturité (g/m²)

$$\text{VGR} = \text{BIOE}/\text{JAE}$$

Où VGR = taux de croissance végétative (g/m²/j)

BIOE = Biomasse aérienne produite au stade épiaison (g/m²)

JAE = nombre de jours de la levée au stade épiaison (jours).

$$\text{GFR} = \text{RDT}/\text{PRG}$$

Où GFR = taux de remplissage des grains/m² (g/m²/jour),

PRG = nombre de jours de l'épiaison à la récolte (jours).

$$\text{HI} = 100 (\text{RDT}/\text{BIOM})$$

Où BIOM = Biomasse aérienne produite à maturité estimée de la récolte du bottillon (g/m²)

RDT = rendement en grains estimé du même bottillon (g/m²)

$$\text{PII} = \text{BIOM}-\text{RDT}$$

Où PII = paille produite à maturité (g/m²)

$$\text{Densité} = \text{BIOM}/\text{HT}$$

Où BIOM = Biomasse aérienne produite à maturité (g/m²)

HT = hauteur du chaume (cm).

Les données collectées de l'expérimentation ont été soumises à une analyse de la variance à un critère de classification. Le test des contrastes est employé pour déterminer la signification statistique des comparaisons (1) Témoin vs (N+Boue), (2) N vs boue, (3) boue linéaire et (4) boue quadratique [9]. Les comparaisons relatives entre traitements ou groupes de traitements sont faites selon les formules suivantes :

$$\text{Effet amendement (N+B) (\%)} = 100 [(X_{\text{N+B}} - X_{\text{T}})/X_{\text{T}}]$$

Où X_{N+B} = moyenne des traitements (N+Boue)

X_T = moyenne du témoin

$$\text{Effet boue résiduaire (\%)} = 100 [(X_{\text{B}} - X_{\text{T}})/(X_{\text{N}} - X_{\text{T}})]$$

Où X_B = moyenne du traitement boue

X_N = moyenne du traitement azote minéral

X_T = moyenne du témoin non amendé.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'analyse de la variance indique un effet traitement significatif pour l'ensemble des variables analysées mis à part le nombre d'épis/m² (tableau II). L'effet traitement non significatif des épis s'explique par le fait que la boue a été apportée très en retard une fois que cette composante a été déterminée, en même temps que la fertilisation minérale (N).

Les doses de boue apportées restent, vraisemblablement, loin de la satisfaction des besoins de la plante et susceptibles ainsi d'engendrer une stagnation (plateau) ou un fléchissement des performances, vu que l'effet quadratique n'est pas significatif pour l'ensemble des variables mesurées. L'effet linéaire des doses de boue n'est pas significatif pour le poids de 1000 grains, le nombre de grains par épi, l'indice de récolte et la densité du chaume. Les différences entre les moyennes prises par ces variables suite à l'effet doses de boue ne sont donc pas significatives (tableau II). La comparaison des moyennes du témoin et celles des amendements (N+B)

Tableau II : Carrés moyens de l'analyse de la variance des variables mesurées.

Source	Traitement	B+N vs T	B vs N	B lin	B qua
d11	4	1	1	1	1
DRT	20939.4**	62489.5**	17398.1**	3310.7**	559.5ns
NE	1067.2ns	411.2ns	458.8ns	3398.6*	0.00ns
NGM2	3201164**	1848504**	9054255**	792289**	11198ns
PMG	20.35*	72.6**	4.84ns	3.23ns	0.72ns
NGE	76.55**	225.2**	78.8**	1.25ns	1.01ns
BIOE	66006.7**	177055**	39.190.7**	43146.3**	4634.8ns
VGR	4.22**	11.33**	2.51**	2.76**	0.30ns
GFR	21.7**	64.79**	18.04**	3.43*	0.58ns
BIOM	45893.0**	449916**	108812**	70360**	1973.9ns
HI	85.46**	293.7**	8.06ns	0.43ns	39.6ns
P11	61169**	196459**	27749**	19728**	738.3ns
HT	406.9**	1316.1**12	164.7**	140.2**	6.72ns
Densité	9.42**	12.5**	13.6**	0.5ns	0.3ns

T = témoin, N = azote, B = boue, RDT = rendement en grains(g/m²), NE = nombre d'épis/m², NGM² = nombre de grains/m², PMG = poids de 1000 grains (g), NGE = nombre de grains par épi, BIOE = biomasse aérienne au stade épiaison (g/m²), VGR = taux de croissance végétative (g/m²/jours), GFR = taux de remplissage des grains/m² (g//m²/jours), BIOM = biomasse à maturité (g/m²), HI = indice de récolte (%), P11 = paille (g/m²), Ht = hauteur de paille (cm), Densité = matière sèche par unité de hauteur (g/cm), ns,*,** = effet non significatif, significatif au seuil de 5 et 1% respectivement.

Tableau III : Moyennes des différents traitements étudiés.

	T	N+B	N	B _{moy}	20	30	40
DRT	318.9	305.8	316.5	302.3	278.5	302.3	326.1
NE	147.5	308.9	242.9	330.9	301.8	342.0	348.7
NGM2	3159.2	5933.7	4769.1	6321.9	5879.6	6479.6	6606.4
PMG	46.53	52.03	50.93	52.40	51.5	52.8	52.9
NGE	9.9	19.6	15.1	21.0	21.3	21.5	20.4
BIOE	223.3	494.9	395.9	527.9	459.1	479.8	628.7
VGR	1.79	3.96	3.17	4.22	3.67	3.97	5.03
GFR	4.75	9.95	7.82	10.65	9.72	11.01	11.23
BIOM	370.8	803.7	638.8	858.7	760.9	837.8	977.5
HI	54.2	43.2	41.7	43.6	44.9	40.6	45.4
P11	169.5	455.6	372.3	483.4	419.6	496.2	534.3
HT	58.7	82.1	75.6	84.2	80.0	83.0	89.7
Densité	6.32	9.74	8.44	10.2	9.52	10.1	10.9

T = témoin, N = azote, B_{moy} = boue moyenne, RDT = rendement en grains (g/m²), NE = nombre d'épis/m², NGM2 = nombre de grains/m², PMG = poids de 1000 grains (g), NGE = nombre de grains par épi, BIOE = biomasse aérienne au stade épiaison (g/m²), VGR = taux de croissance végétative (g/m²/jours), GFR = taux de remplissage des grains/m² (g/m²/jours), BIOM = biomasse à maturité (g/m²), HI = indice de récolte (%), P11 = paille (g/m²), Ht = hauteur de paille (cm), Densité = matière sèche par unité de hauteur (g/cm).

montre que la fertilisation minérale ou organique est favorable à l'expression de l'ensemble des variables mesurées hormis le nombre d'épis produit par unité de surface (tableau III).

Dans les conditions culturales et climatiques de la campagne considérée, la contribution relative de l'amendement (moyenne des effets azote et boue) à l'augmentation des moyennes des variables par rapport à la moyenne du témoin varie de 12% pour le poids de 1000 grains à 168% pour la paille produite, par contre, l'indice de récolte a été réduit de 20.0%. La réduction de l'indice de récolte s'explique probablement par le fait que l'apport de l'azote minéral ou de boue résiduaire a eu un effet plus important sur le développement de la biomasse aérienne que sur la production de grains (tableau III, figure 1).

L'augmentation des moyennes des composantes de rendement en grains est relativement plus réduite comparativement à celle enregistrée par le rendement en grains. C'est la contribution multiplicative des composantes et non l'effet additif qui s'est exprimée au niveau du rendement en grains. Le poids de 1000 grains est la composante qui est relativement la moins sensible à l'amendement organique ou minéral. Ceci s'explique par le fait que cette composante se forme en fin de cycle, coïncidant souvent avec des stress hydriques et thermiques.

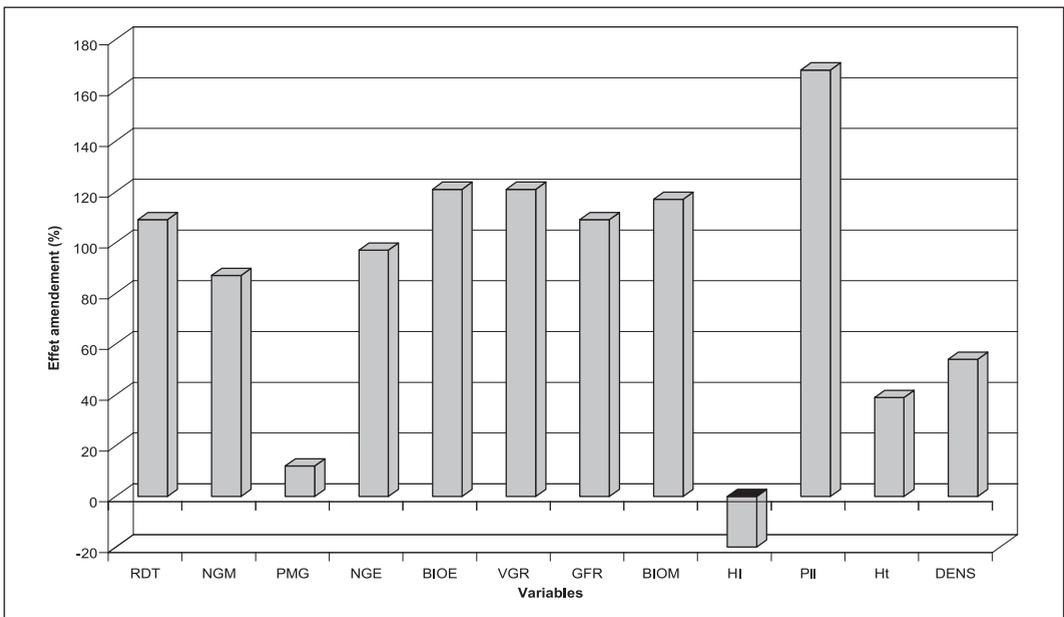
La forte augmentation de la paille sous amendement organique ou minéral indique que l'apport de la boue comme la fertilisation azotée ont, dans les conditions de la présente expérimentation, engendré une plus grande expression de la bio-

masse aérienne comparativement au rendement en grains. Ceci confirme l'explication avancée plus haut concernant la réduction de l'indice de récolte sous amendement organique ou minéral.

La comparaison entre l'effet de l'amendement organique représenté par les apports de boue résiduaire et celle de la fertilisation minérale azotée indique que les moyennes de ces deux traitements ne diffèrent pas significativement pour le nombre d'épis, le poids 1000 grains et l'indice de récolte (tableaux II et III). Pour ces caractères la contribution des apports de boues résiduaires est similaire à celle de la fertilisation minérale azotée. L'amendement organique sous forme de boues résiduaires induit des augmentations relatives allant de 128.1% pour la

hauteur du chaume à 213.5% pour le nombre de grains par épi, comparativement à l'effet de la fertilisation minérale azotée. Le rendement en grains accuse une augmentation relative de 192.7% (tableau III, figure 2).

Les apports de boues se révèlent, en moyenne, relativement plus bénéfiques pour la culture que la fertilisation minérale azotée. Cet avantage de l'amendement du sol avec des boues résiduaires touche surtout la fertilité des épis, la biomasse produite au stade épiaison et au stade maturité, les taux de croissance végétative et de remplissage des grains et la densité des tiges qui portent relativement plus d'assimilats par unité de hauteur de chaume que les tiges produites sous fertilisation minérale azotée.



RDT = rendement en grains (g/m^2), **NE** = nombre d'épis/ m^2 , **NGM2** = nombre de grains/ m^2 , **PMG** = poids de 1000 grains (g), **NGE** = nombre de grains par épi, **BIOE** = biomasse aérienne au stade épiaison (g/m^2), **VGR** = taux de croissance végétative ($g/m^2/jours$), **GFR** = taux de remplissage des grains/ m^2 ($g/m^2/jours$), **BIOM** = biomasse à maturité (g/m^2), **HI** = indice de récolte (%), **PII** = paille (g/m^2), **Ht** = hauteur de paille (cm), **Densité** = matière sèche par unité de hauteur (g/cm).

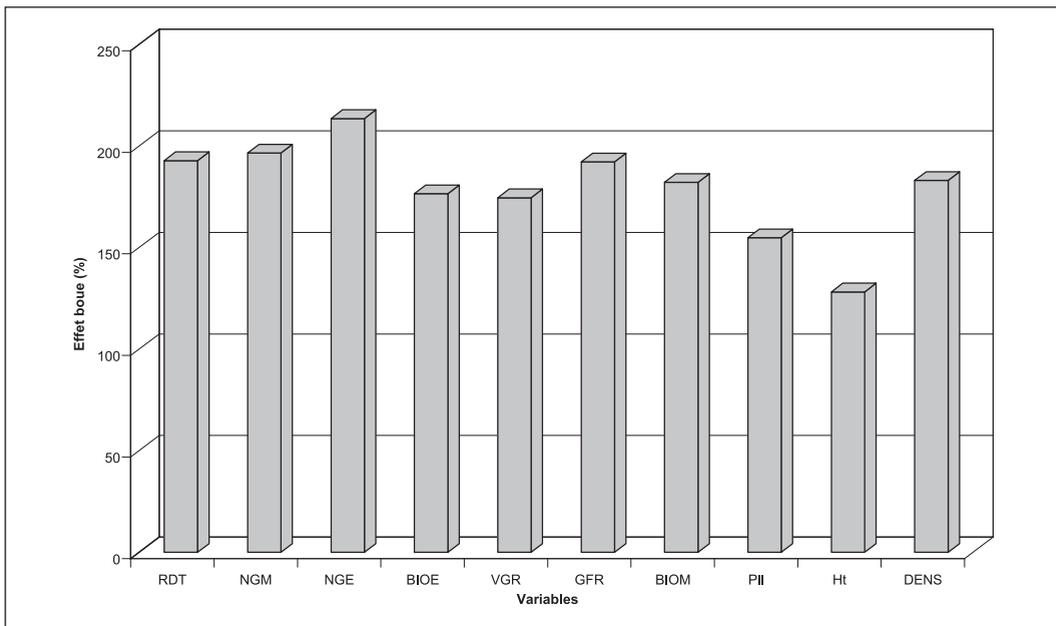
Figure 1 : Contribution de l'amendement (N+ Boue) à l'augmentation relative des moyennes des variables mesurées comparativement à celles du témoin.

Ces résultats indiquent que l'utilisation des boues résiduaires domestiques est intéressante pour plusieurs raisons. En effet, en plus de l'augmentation des rendements qu'elle engendre, elle contribue à une meilleure gestion de ces déchets [1]. Les augmentations du rendement en grains et de ses composantes ont pour origine la richesse des boues en éléments fertilisants. En effet, les boues résiduaires sont une source potentielle de matière organique. Elles contiennent aussi des macro et des micro-éléments essentiels pour la croissance des cultures [10, 11].

BOUZERZOUR *et al.*, [12] et CHERAK [13] ont montré que l'apport de boues résiduaires augmentent la surface foliaire, l'indice foliaire, la matière sèche produite, la capacité de tallage herbacé et la hauteur des plantes d'orge

(*Hordeum vulgare* L.) et de l'avoine (*Avena sativa* L.) conduite en pots de végétation. Ils ont noté, aussi, que la réponse des variables mesurées est clairement liée aux apports de boues résiduaires pour les variables mesurées, ce qui corroborent nos résultats. Ce type de réponse indique que la dose maximale de 40 t/ha de matière sèche utilisée ne semble pas induire d'effets nocifs sur l'expression des paramètres étudiés.

BOUZERZOUR *et al.*, [12] ont mentionné également que l'amélioration de la production de matière sèche a pour origine l'amélioration simultanée de la capacité de tallage herbacé, de la hauteur des plantes, des surfaces et indices foliaires, avec une réduction du poids spécifique foliaire. Dans la présente étude, l'augmentation du rendement en grains est associée à



RDT = rendement en grains (g/m^2), **NE** = nombre d'épis/ m^2 , **NGM2** = nombre de grains/ m^2 , **PMG** = poids de 1000 grains (g), **NGE** = nombre de grains par épi, **BIOE** = biomasse aérienne au stade épiaison (g/m^2), **VGR** = taux de croissance végétative ($g/m^2/jours$), **GFR** = taux de remplissage des grains/ m^2 ($g/m^2/jours$), **BIOM** = biomasse à maturité (g/m^2), **HI** = indice de récolte (%), **PII** = paille (g/m^2), **Ht** = hauteur de paille (cm), **Densité** = matière sèche par unité de hauteur (g/cm).

Figure 2 : Augmentation des moyennes des variables mesurées sous l'effet des boues résiduaires comparativement à l'effet de la fertilisation N.

l'augmentation du nombre de grains/m² ($r_{\text{RDT/NGM}}^2 = 0.98^{**}$) et au nombre de grains par épi ($r_{\text{RDT/NGE}} = 0.92^*$) mais pas au tallage épis ($r_{\text{RDT/NE}} = 0.21^{\text{ns}}$).

On a remarqué, cependant, que la végétation du témoin était relativement moins tardive (feuillage se desséchant plus vite) ce qui laisse supposer que l'amendement avec des boues résiduaires permet de garder plus longtemps l'eau du sol grâce à la matière organique qu'elles contiennent et qui agit comme un capteur tampon de l'humidité. La boue est considérée comme un substrat susceptible de contribuer au maintien du stock humique des sols et par conséquent d'améliorer leur stabilité structurale, leur capacité d'échange cationique et leur capacité de rétention d'eau [4]. BARBARIK *et al.*, [3] note que les apports de boue au cours de 4 années successives ont élevé la teneur en matière organique du sol des 15 premiers cm de 1,2 à 2,4%.

TESTER *et al.*, [2] ont conduit une expérimentation pour étudier la réponse de la fétuque élevée aux apports de boues résiduaires. Ils notent que l'amendement du sol avec les boues résiduaires améliore la nutrition azotée de la fétuque, comme elle stimule la croissance racinaire en comparaison avec la culture conduite en sol non amendé. Le rendement fourrager était plus élevé aussi chez les plantes conduites en sol amendé. Sur ray-grass, GUIRARD *et al.*, [14] ont observé une augmentation de la teneur de l'azote dans les tissus des plantes conduites sur sol amendé avec des boues résiduaires.

Selon SACHON [8] la boue résiduaire incubée développe des réactions chimiques aérobies et anaérobies qui, au bout de 6 à 7 semaines, réduisent la matière organique sous forme de compost qui est lui même assez proche de l'humus. La minéralisation de l'azote organique est dépendante dans ce cas du rapport C/N ; plus ce dernier est élevé, plus la minéralisation est

lente. Une tonne de matière sèche boue libère en moyenne 14 Kg d'azote, 15 kg de P et 8 kg de K [3, 8].

CONCLUSION

Les boues et les eaux usées ne doivent pas être versées en l'état dans la nature car elles risquent à long terme de créer des problèmes de pollutions insurmontables. Une fois traitées, elles deviennent une ressource qui peut être valorisée dans le domaine agricole. Nos résultats indiquent que même sur céréale conduite sous conditions pluviales, l'apport des boues résiduaires s'est révélé très avantageux en terme de rendement en grains et en terme de production de paille qui est une source d'énergie pour l'alimentation du cheptel. Cette augmentation de la production est liée à la richesse des boues en éléments fertilisants notamment azotés.

Références bibliographiques

- [1] RIPERT C., TIERCELIN JR., NAVAROT C., KLIMO E., GAJARSZKI G., CADILLON M., TREMEA L. & VERMES L. (1990) Utilisation agricole et forestière des eaux usées domestiques. Bulletin Technique du Cemagref. 79. pp 18.
- [2] TESTER CF., SIKORA LJ., TAYLOR JM. & PARR JF. (1982) N Utilization by tall fescue from sewage sludge, compost amended soils. Agro. J. 74:1013-1018.
- [3] BARBARTIK A., LAWARABNCE JR., SIKPRA J., & COLACICCO D. (1985) Factors affecting the mineralization of nitrogen in sewage sludge applied to soil. Am. J. Soil Sci. 49:1403-1406.
- [4] GOMEZ A., LINERES, M., TANZIN, J., SOLDA P. (1984) Etude de l'incidence des apports de

boues résiduaires à des sols sableux, sur l'évolution quantitative et qualitative de la matière organique. CR Acad. Sc. Fr 516-524.

[5] XANTHOULIS, D., KAYAMANIDOU M., CHOUKR-ALLAH R., EL-HAMOURI B., BENTHAYER B., NEJIB REJEB M., PAPADOPOULOUS I., & QUELHAS DOS SANTOS J. (1998). Utilisation des eaux usées en irrigation, approche globale du traitement des effluents, comparaison des différents systèmes d'irrigation sur diverses cultures et leurs aspects institutionnels et organisationnels. Synthèse des projets de recherche multilatérale portant sur les eaux usées, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux. 10 p.

[6] TASILAS CD. (1997) Impact of waste water reuse on some soil properties. In : Inter. Conference on water management, salinity, and pollution control towards sustainable irrigation in the Mediterranean region. Options méditerranéennes série B-CIHEAM. 213-226.

[7] ABOUDRARE N., JELLAL T., BENCHOKROUN D. & JEMALI A. (1998) Réutilisation des eaux usées à des fins agricoles à Ouarzazate. Terre et Vie (26):7-12.

[8] SACHON S. (1995) Les boues des stations d'épurations urbaines, Utilisation en agriculture. BTI (21) :14-29.

[9] STEEL GDS. & TORRIE JH. (1980) Principles and procedures of Statistics : a biometrical approach. Editions Mc Graw Hill Book Company, NY. 633 p.

[10] JAMIL M., QACIM M. & UMAR M. (2006) Utilization of sewage sludge as organic fertilizer in sustainable agriculture. J. Of Applied Sc. 6 (3) : 531-535.

[11] MOHAMMAD MJ. & ATHAMNEH BM. (2004) Changes in Soil Fertility and Plant Uptake of Nutrients and Heavy Metals in Response to Sewage Sludge Application to Calcareous Soils. J. of Agronomy 3(3): 229-236.

[12] BOUZERZOUR H., TAMRABET L. & KRIBAA M. (2002) Réponse de deux graminées fourragères, l'orge et l'avoine, aux apports d'eau usée et de boue résiduaire. In: Proceedings Séminaire International : Biologie et Environnement, Université Mentouri, Constantine, Algérie. 71.

[13] CHERAK L. (1999) Incidences des eaux usées résiduaires sur la microflore et le comportement de l'avoine. Thèse magister Université de Batna, Algérie. 110 p.

[14] Guiraud G, Fardeau JC. & Hetier JM. (1977) Evolution de l'azote du sol en présence de boues résiduaires. In: Proceedings Premier symposium de la recherche sur les sols et les déchets solides. 27-33.