

EFFET DE L'APPORT DES BOUES RÉSIDUAIRES SUR LA CROISSANCE VÉGÉTATIVE ET LE RENDEMENT DES CULTURES EN MILIEU SAHARIEN DE L'ALGÉRIE

M. BOUMEDIENE (1), A. TOUZI (2), M. BAHIANI (2), S. TAREB (3)

(1) - Université de Tlemcen, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, B.P.:230 Tlemcen, 13000 - Algérie.

(2) - SEES/MS Adrar, B.P.: 478 Adrar, 01000.

(3) - Station de Recherche Agronomique INRAA d'Adrar, B.P.: 299 Adrar, 01000 - Algérie.

RÉSUMÉ

La valorisation agricole des boues d'épuration est une pratique ancienne dans les pays développés. Elle constitue la solution la plus pertinente pour éliminer ce déchet. En Algérie, les sols sahariens cultivés sont des substrats minéraux squelettiques très pauvres en matière organique. Cette dernière constitue souvent un facteur limitatif du développement de la végétation dans le sud du pays. Pour remédier contre ce problème, la valorisation agricole des boues résiduares constitue une solution de choix pour un développement de l'agriculture au sud du pays. Ce travail de recherche a pour objectif de faire l'étude sur l'effet de l'apport des boues résiduares issues de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville d'Adrar, sur la croissance végétative et le rendement des cultures en milieu saharien de l'Algérie. Des doses croissantes (5, 10, 20, 40 et 60 T ms/ha), de boues suffisamment séchées (97.40 % de matières sèches), ont été épandues sur des parcelles agricoles mises en valeur et aménagées à la SEES/MS d'Adrar. L'expérimentation effectuée en plein champ sur une culture test (la pomme de terre : *Solanum tuberosum* L.) a permis de mettre en évidence l'effet bénéfique de l'apport des boues d'épuration en agriculture saharienne. Les résultats de recherche ont été prometteurs et très significatifs, aussi bien sur la croissance végétative des plantes que sur l'évolution des rendements des cultures.

Mots clés : Boues, Traitement, Valorisation, Agriculture saharienne.

SUMMARY

The agricultural valorization of sewage sludges is an old practice in the developed countries. It constitutes the best solution to eliminate this loss. In Algeria the Sahara soils cultivated are some skeletal mineral substrata very insufficiency in organic matter. This latter constitutes often a restrictive factor for the vegetation development in the south of our country. To remedy against this problem, the agricultural valorization of sewage sludges constitutes a choice solution for the development of agriculture in the south of the country. This work of research has for objective to study the effect of the sewage sludges contribution come from the station of urban waters treatment of Adrar city, on the vegetative growth and the produce of cultures in of the middle Sahara of Algeria. An increasing quantity (5, 10, 20, 40 and 60 TS ms/has), of sufficiently dried sludges (97.40% of dry matters), were distributed on parcels agricultural implanted in the SEES/MS of Adrar (27,88° of latitude, - 0,17 W of longitude). The experimentation done in full field on a culture test (the potato : *Solanum tuberosum* L.), has permitted to show the beneficial effect of sewage sludges contribution in the Sahara agriculture. Results of research were promising and very meaningful for the vegetative growth of plants and for the produce of cultures.

Key words : Sludges, Treatment, Valorization, Sahara agriculture.

INTRODUCTION

La croissance industrielle et l'extension des centres urbains génèrent quotidiennement des quantités importantes d'eaux usées qui constituent une nuisance certaine à l'environnement et un danger pour la santé publique. Afin de préserver l'environnement, l'épuration des eaux usées avant déversement dans la nature, devient nécessaire et constitue un moyen efficace pour la lutte contre la pollution. Cependant, le traitement des eaux usées urbaines conduit à son tour à la production de volumes importants de boues fermentescibles, riches en matière organique, représentant une autre source de pollution et un danger pour la santé de l'homme (nuisances olfactives et maladies infectieuses). Pour être complet, le traitement des eaux usées doit inclure obligatoirement celui des boues, au risque de n'effectuer qu'un simple transfert de pollution. En effet, plusieurs filières ont été mises au point pour l'élimination des boues résiduaires des stations d'épuration, citons : l'incinération, la mise en décharge et la valorisation agricole (GOMELLA et GUERREE, 1982), (AISSAOUI et FIEVET, 1997), (ANONYME, 1995), (OIEAU, 2000), (BELKHODJA, 2000). Cette dernière, qui reste encore une voie méconnue en Algérie, est très utilisée dans les pays développés. Elle est privilégiée dans 65 % des cas, contre 15 % pour l'incinération et 20 % pour la mise en décharge (ANONYME, 1995). Les agriculteurs ont pris conscience de l'intérêt des boues en tant que fertilisants des sols. Elles contiennent de l'azote, du phosphore et permettent aux agriculteurs d'obtenir des rendements agricoles considérables (ANONYME, 1995).

En Algérie, la valorisation agricole des boues résiduaires reste encore méconnue et peu d'études ont été effectuées dans ce domaine (DRIDI et ZERROUK, 2000), (AÏT HAMOU et

BOULAHBAL, 1998), (BENMOUFFOK, 1980). Le Sud algérien est caractérisé par un déficit énorme en fumier de ferme. Les sols sahariens cultivés sont des substrats minéraux squelettiques très pauvres en matière organique (ANONYME, 1991), (DJEJBAR, 1996). Dans la plupart des cas, les sols sont de type sablo-limoneux à structure très fragile. Les études agro-pédologiques effectuées à travers la wilaya d'Adrar (ANONYME, 1991) ont montré que les sols sont largement déficitaires en intrants organiques. Leur fertilité se pose avec acuité et leur teneur en matière organique est quasi-nulle (DJEJBAR, 1996). Cette dernière constitue souvent un facteur limitatif du développement de la production végétale dans le sud du pays. Pour remédier contre ce problème, la valorisation agricole des boues d'épuration des eaux usées urbaines, constitue une solution de choix pour un développement durable de l'agriculture en milieu saharien.

Ce travail de recherche se consacre à l'étude de l'effet de l'apport des boues résiduaires, sous-produits de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville d'Adrar, sur la croissance végétative et le rendement des cultures en milieu saharien de l'Algérie et en particulier au niveau des Ksour. Des doses croissantes (5, 10, 20, 40 et 60 Tm.s/ha) de boues, suffisamment séchées, ont été épandues sur des parcelles élémentaires mises en valeur et aménagées à la station SEES/MS d'Adrar. L'expérimentation conduite en plein champ sur une culture test : la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), choisie pour sa grande réponse à la fertilisation organique, a permis de mettre en évidence l'effet bénéfique de l'apport des boues résiduaires en agriculture saharienne. Les résultats trouvés ont été prometteurs et très significatifs aussi bien sur la croissance végétative des plantes que sur l'évolution des rendements des cultures.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les boues

Les boues utilisées pour expérimentation dans le cadre de ce travail ont été parvenues des bassins de décantation de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville d'Adrar située au Ksar de Koussène (Commune de Timi) à environ 4 Km du chef-lieu de Wilaya. Les boues (photo I) ont subi, in-situ, un séchage naturel à l'air libre pendant une durée d'un mois (mai 2002) en vue de réduire leur volume et de leur confier une qualité hygiénique convenable pour leur utilisation agricole (AISSAOUI et FIEVET, 1997), (OIEAU, 2000), (BELKHODJA, 2000). Avant l'épandage sur les parcelles expérimentales, les boues résiduairees ont subi une caractérisation complète (tableau I). Notre travail s'est axé sur l'étude de l'effet des doses de ces boues sur la croissance végétative et le rendement des cultures sur les sols sableux en milieu saharien de l'Algérie.

Le dispositif expérimental

L'essai a été conduit en plein champ au sein de la station expérimentale des équipements solaires en milieu saharien SEES/MS d'Adrar (le Sud algérien) situé au 27,88° de latitude, 0,17 W de longitude et 264 m d'altitude. Le dispositif expérimental retenu pour cette étude est basé sur la méthode des blocs aléatoires complets à quatre répétitions. Celui-ci a été choisi car c'est le plus simple des dispositifs et il est surtout recommandé lorsque les caractéristiques physiques du sol sont homogènes (cas de notre site). Chaque bloc comprend six parcelles (dimensions unitaires : 5 m x 3 m) correspondant à six traitements. Le traitement n° 0 représente le témoin (sans apport des boues). Les traitements 1, 2, 3, 4 et 5 correspondent respectivement à l'épandage des doses : 5, 10, 20, 40 et 60 tonnes de

matières sèches de boues par hectare (Tm.s/ha). La répartition des doses dans les blocs a été obtenue par tirage au sort des différents traitements. L'espacement entre les blocs a été fixé à 1m tandis que celui des traitements a été de 0.5 m.

Le sol

L'expérimentation a été menée sur un sol homogène à structure sablo-limoneuse (dominance de sable fin) ayant tait l'objet d'une mise en valeur agricole. L'échantillonnage a été effectué sur un horizon de 0/30 cm. Les analyses physico-chimiques ont données les résultats consignés dans le tableau II. Les analyses et mesures ont été effectuées selon les protocoles expérimentaux suivants : la mesure du pH a été faite par électrométrie sur pH mètre étalonné (rapport sol/eau = 1/2,5). La conductivité a été mesurée à l'aide d'un conductimètre sous une température de 25°C. L'azote, le phosphore, le carbone organique et le calcaire total ont été déterminé respectivement par les méthodes : KJELDAHL, OLSEN (Afnor NF ISO 11263), Anne et Calcimètre de Bernard (AUBERT, 1978). La matière organique a été déduite à partir du carbone organique total selon la méthode courante donnée par la relation : $MO \% = 1,724 C \%$.

L'analyse granulométrique du sol a été déterminée par la méthode internationale de sédimentation dite méthode à la pipette Robinson. Les métaux lourds des boues ont été analysés par la méthode dite à l'eau régale (attaque aux acides chlorhydrique et nitrique). Les lectures ont été faites sur spectrophotométrie d'absorption atomique à la longueur d'onde de 285 nm (AUBERT, , 1978). Enfin le taux d'humidité a été calculé après double pesée de l'échantillon avant et après étuvage à 105° C (AUBERT, 1978), (BOUASSI et SELLAM, 1998).

Le matériel végétal

La culture test retenue pour essai dans ce travail est une culture de saison de type maraîchère à forte valeur nutritionnelle à savoir : la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), variété Ostara. Cette sélection a été choisie pour test en raison de sa grande réponse à la fertilisation organique. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Pomme de terre : Culture de saison ;
- Variété : Ostara (peau rouge) ;
- Origine des semences : Nord algérien ;
- Tubercules : Pré-germinées à l'obscurité (2 à 3 germes/plant) ;
- Calibre des tubercules : 20 à 30 mm.

L'épandage des doses de boues et la réalisation des mélanges (sol-boues) ont été effectués quinze jours avant la plantation (le 15/09/2002). La plantation a été faite le 01 octobre 2002. La distance retenue entre les rangs était de 65 cm ; soit huit rangs par parcelle unitaire. Les tubercules ont été enterrés manuellement sur une profondeur de 5 à 6 cm avec un espacement de 30 cm (soit dix plants par rang). L'irrigation a été effectuée à la raie à partir du puits de la station. Le relevage de l'eau a été assuré par une pompe électromécanique immergée (2 KW) alimentée en énergie électrique. D'autre part, tous les traitements expérimentés ont reçu une fumure minérale de fond définie suivant les besoins des cultures : 100 unités/ha d'azote, 100 unités/ha de phosphore et 200 unités/ha de potassium. La fumure a été appliquée manuellement avec un épandage localisé au niveau des plants. Par ailleurs, des travaux d'entretien des cultures (irrigation, désherbage, buttage et traitements phytosanitaires) ont été effectués systématiquement au cours du cycle végétatif. La récolte des cultures a été faite mécaniquement après trois mois et quinze jours

de la plantation (le 15/01/2003) et après que 95% des feuilles se sont desséchées.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les boues

L'examen des résultats obtenus (tableau I) montre que les boues utilisées sont parfaitement séchées (taux de matière sèche 97.4 %) ce qui favorise leur utilisation agricole. Leur pH avoisine la neutralité et n'influe guère sur les propriétés physiques et chimiques du sol. Leur richesse en matière organique et en azote (3%) reflète leur origine urbaine. Par ailleurs, leur faible rapport C/N montre que ces boues ont été bien stabilisées et traduit leur aptitude à libérer de l'azote (BAHRI et BOUMANE, 1987). En effet, autant le rapport C/N est faible, plus la dégradation de la matière organique dans le sol est très facile. Concernant les éléments traces métalliques, les teneurs totales trouvées sont inférieures aux limites fixées par les normes Afnor (NF U 44 -041 1985) et CEE 86/278 (tableau III) relatives aux épandages des boues d'épuration en agriculture (OIEAU, 2000), (AÏSSAOUI ET FIEVET, 1997). Les différents éléments s'organisent selon la séquence suivante : Fe >>> Zn > Cu > Mn. Les éléments traces toxiques (Cadmium et Chrome) n'ont pas été détectés dans les boues ce qui favorise leur utilisation agricole.

Le sol

Les analyses physico-chimiques effectuées sur le sol (tableau II) ont révélé que le sol saharien est très léger. Sa structure est caractérisée par une prédominance de sable fin et grossier (87.41%) avec des proportions infimes de limon et d'argile. Sa fertilité est trop limitée puisqu'il présente des teneurs faibles en azote et en matière organique.

Effet des boues résiduaires sur la plante

Croissance végétative

Au cours du cycle végétatif, la levée des plantes a été pratiquement homogène pour tous les traitements (photo 2). Après un mois de la plantation, la quasi-totalité des tubercules plantés ont été levés. L'effet de l'apport des doses de boues sur la croissance végétative des plantes dans les différents traitements a été mis en évidence. Des mesures sur la hauteur des tiges des plantes ont été faites tous les quinze jours après la levée. L'examen des résultats trouvés (figure 1) montre qu'au début de la croissance des plantes, les différents traitements expérimentés enregistrent une croissance faible en hauteur (5 à 9 cm). Il s'agit du début de la minéralisation des substances organiques dans le sol associée au début de la formation des racines. Les traitements T3, T4 et T5 ont des hauteurs de leurs tiges légèrement grandes que celles des traitements T0, T1 et T2 mais la différence entre eux apparaît faible. Dans la phase du plein de développement des plantes, les tiges des traitements T0, T1, T2 et T3 ont connu un développement progressif mais lent puis se sont stabilisées entre 13 à 15 cm. La croissance des tiges était plus marquée (17 à 20 cm) dans les traitements T4 et T5 qui ont connu un développement spectaculaire de leurs feuilles. Ce phénomène peut être expliqué par le fait que les traitements 14 et 15 ont reçu des apports appréciables d'azote (élément favorisant le développement foliaire) provenant essentiellement des boues après son passage de la forme organique à la forme minérale (forme assimilée par les végétaux).

Rendement des cultures

La récolte des cultures a été faite manuellement le 15 et 16/01/2003. Les tubercules obtenus dans chaque parcelle ont été triés et classés

selon leurs calibres (0-20 mm, 20-40 mm et plus de 40 mm) puis évalués quantitativement par pesée. Les rendements moyens exprimés en qx/ha de chaque cas de traitement ont été calculés en moyennant leurs rendements obtenus dans les quatre blocs. L'examen des résultats trouvés (figure 2) montre qu'il y'a une réelle différence de rendements entre les traitements appliqués. Le rendement en culture croit autant que la dose de boues appliquée augmente. La différence est claire entre le traitement témoin T0 (70.58 qx/ha) et les traitements T4 (132.45 qx/ha) et T5 (153.38 qx/ha) où les rendements ont pratiquement doublés. Cette augmentation de production est due certainement à l'assimilation des plantes aux substances nutritives biodisponibles dans le sol et dont l'origine ne peut être que les apports de boues sur le sol, ce qui confirme leurs intérêts agronomiques. La forte présence des tubercules à gros calibre (≥ 40 mm) était plus marquée dans les traitements T2, T3, T4 et T5 (figure 3) avec un certain avantage pour les traitements T3 et T5 qui enregistrent un taux faible de petit calibre ($\geq < 40$ mm). Le traitement témoin (T0) a été caractérisé par une forte présence de tubercules à petit calibre (27 %). En revanche, le traitement T5 (60 T ms/ha) a donné un meilleur rendement agricole en pomme de terre (soit 154 qx/ha) avec une forte proportion de tubercules à gros calibre (68 %).

Etude statistique (analyse de la variance)

L'étude statistique a pour but d'analyser les résultats expérimentaux trouvés et de connaître les différences qui existent entre les traitements afin d'en tirer les meilleurs d'entre eux. Les calculs statistiques ont été effectués selon les modèles mathématiques (DAGNELIE, 1975) décrits pour deux critères de classification (traitements, blocs). La variable F théorique (F_{th}) a été lue à partir de la table de Fisher-Snedecor (KHALDI, 2001).

Le test de signification du facteur traitements a été fait par rapport à l'interaction puisque le facteur blocs est aléatoire (DAGNELIE, 1975). Les résultats trouvés sont consignés dans les tableaux (4) et (5).

L'analyse statistique des résultats montre qu'il y'a une différence hautement significative entre les traitements au seuil $\alpha = 5\%$ et $\alpha = 1\%$. Le F calculé des traitements est supérieur au F théorique (5%, 1%) ce qui signifie que les traitements ont des effets différents l'un de l'autre. La différence est plus remarquée dans la comparaison des moyennes des rendements par rapport au témoin et entre elles. On constate que les traitements T1, T2, T3, T4 et T5 présentent des différences hautement significatives par rapport au témoin. En revanche, la comparaison des traitements T2 et T3 montre que la différence des rendements est peu significative entre eux. Ceci est peut être dû à la faible dose de boues appliquée. La comparaison des valeurs observées et théoriques de la variable F conduit au rejet de l'hypothèse d'égalité des rendements moyens par traitement. De ce fait, on peut conclure que la dose optimale de boues résiduaires, à apporter sur les sols sahariens, est celle de 60 T ms/ha (T5) qui a donné un plus grand rendement agricole (soit 154 qx/ha).

CONCLUSION

Les stations d'épuration génèrent quotidiennement des volumes importants de boues dont la récupération et le recyclage est depuis longtemps pratiqués. Les boues d'épuration renferment des quantités importantes d'azote et de matière organique. Leur valorisation agricole, comme amendement organique, pourra servir d'une part à améliorer la structure du sol et d'autre part à combler les besoins des cultures en

éléments fertilisants. Les analyses physico-chimiques effectuées sur le sol ont révélé que le sol saharien est très squelettique. Sa fertilité est trop limitée. L'apport des boues résiduaires, substituant au fumier de ferme, est sans doute le meilleur moyen pour remédier contre ce problème. La caractérisation des boues d'épuration utilisées a montré qu'elles sont riches en matière organique et en azote (3 %). Les boues sont faiblement contaminées par les métaux lourds. Les éléments traces toxiques n'ont pas été détectés ce qui confirme leur origine urbaine. L'expérimentation menée sur les sols sableux en milieu saharien de l'Algérie a donné des résultats satisfaisants aussi bien sur la croissance végétative des plantes que sur les rendements des cultures. Le développement spectaculaire des tiges et des feuilles était plus marqué dans les traitements qui ont reçu des apports appréciables d'azote et provenant essentiellement des boues. Les rendements des cultures étaient prometteurs et proportionnels à la quantité de boues apportée. Cette augmentation de production végétale est due certainement à l'assimilation des plantes aux substances nutritives dont l'origine ne peut être que les apports des boues sur le sol.

Références bibliographiques

- AISSAOUI M., FIEVET F., 1997. L'interdiction de la mise en décharge des sous-produits de la dépollution en 2002 : Problèmes et solutions, ISIM-Sciences et technologie de l'eau, synthèse Oieau, janvier 1997, France, 7 p.
- AIT HAMOU R., BOULAHBAL O., 1998. Etude de l'effet dose des boues résiduaires sur un sol agricole. Essai en vases de végétations sur une culture test "*Trifolium alexandrium* L. VAR. M.R 90 ", Rev. Recherche Agronomique, n° 2, 1998, INRAA Algérie, pp : 37-42.
- ANONYME. 1991. Etude Agro-pédologique de 6500 ha à la wilaya d'Adrar, Rapport Hydro projet Centre, Alger 1991.
- ANONYME. 1995. La dépollution des eaux usées en France, Revue Trois O, n° Spécial, France, Avril 1995, 75 p.
- AUBERT G., 1978. Méthodes d'analyses des sols. Marseille, Centre Régional de documentation pédagogique, 1978, 191 p.
- BAHRI A., BOUMANE B., 1987. Effet de l'épandage des eaux usées traitées et boues résiduaires sur les caractéristiques d'un sol sableux de Tunisie. Science du sol 1987 ; NT 25, pp : 267-278.
- BELKHODJA M., 2000. Les boues d'épuration des eaux usées urbaines : destinations finales et procédés de traitement', Rev. Édil Inf-Eau, n°25, Ed. EEC, Janvier 2000, pp : 6-9.
- BENMOUFFOK A., 1980. Contribution à l'étude d'emploi des boues résiduaires en cultures maraîchères : cas de la station d'épuration de Draa Ben-Khedda, Thèse, INA Alger 1980, 36 p.
- BOULASSEL A., SELLAM F., 1998. Etude hydrodynamique de la couche du sol superficielle en conditions naturelles. Recherche Agronomique, n° 2, Algérie, INRAA, 1998, pp : 27-36.
- DAGNELIE P., 1975. Théorie et méthodes statistiques - applications agronomiques -, Ed. Les Presses agronomiques de Gembloux, Deuxième édition, Vol. II, 1975, 463 p.
- DJEBBAR R., 1996. Situation du secteur agricole dans la wilaya d'Adrar. Rapport d'activité INSID, DSA Adrar, 1996, Algérie, 8 p.
- DRIDI B., ZERROUK F., 2000. Apport de boues d'épuration et propriétés d'un sol en Algérie, Rev. Cahiers d'études et de recherche francophones/agricultures, Vol. 9, n° 1, janvier-février 2000, 60-71, Notes de recherche.
- GOMELLA C., GUERREE H., 1982. Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales, Tome II - Le traitement, Ed. Eyrolles, 1982, Paris, 260 p.
- KHALDI K., 2001. Méthodes statistiques, Ed. OPU, Algérie, 2001, 249 p.
- OIEAU. 2000. La gestion des sous-produits de l'assainissement, mise à jour bibliographique, janvier 2000, France, 7 p.

Tableau I : Composition physique et chimique des boues.

Paramètres	Teneurs
Humidité (%)	02.6
Matière sèche (%)	97,4
pH Eau (1/10)	7.65
C.E Eau (mm hos/cm)	1.84
Azote total N (%)	2.74
Phosphore total P ₂ O ₅ (ppm)	740
Potassium total K ₂ O (ppm)	788
Carbone C (%)	3.00
Matière organique (%)	5.17
C/N	1.09
<u>Métaux lourds</u>	
Fe (ppm)	16000
Cu (ppm)	580
Zn (ppm)	750
Mn (ppm)	480
Cd (ppm)	00
Cr (ppm)	00

Tableau II : Caractéristiques physiques et chimiques du sol.

Paramètres	Teneurs
pH (eau)	08.30
C.E (mmhos/cm à 25° C)	01.37
Azote total N (%)	00.22
Phosphore assimilable P ₂ O ₅ (ppm)	40
Potassium assimilable K ₂ O (ppm)	84
Carbone C (%)	00.50
Matière organique (%)	00.86
Calcaire total C.CO ₃ (%)	09.58
<u>Granulométrie</u>	
Sable fin (%)	54.92
Sable grossier (%)	32.49
Limon fin (%)	06.75
Limon grossier 5(%)	01.20
Argile (%)	04.25

Tableau III : Valeurs limites des métaux lourds à ne pas dépasser dans les boues utilisées en agriculture.

Éléments	Teneurs limites en mg/kg MS (Afnor NF U 44 - 041)	Teneurs limites en mg/kg MS directive CEE 86/278
Cadmium	40	20 à 40
Chrome	2000	1000 à 1750
Cuivre	2000	1000 à 1750
Mercuré	20	15 à 25
Nickel	400	300 à 400
Plomb	1600	750 à 1200
Zinc	6000	2500 à 4000

Tableau IV : Comparaison des différents traitements de boues (Analyse de la variance : hauteurs des tiges).

Source de variation	d.d.l	S.C.E	C.M	F _{obs}	F _{th}	
					5 %	1 %
Traitements	(p-1) = 5	SCE _a = 85.78	CM _a = 17.15	51.96 ***	6.16	15.2
Blocs	(q-1) = 3	SCE _b = 0.09	CM _b = 0.03			
Interaction	(p-1)(q-1) = 15	SCE _{ab} = 5.05	CM _{ab} = 0.33			
Totaux	23	90.92	17.51			

Tableau V : Comparaison des différents traitements de boues (Analyse de la variance : rendements des cultures).

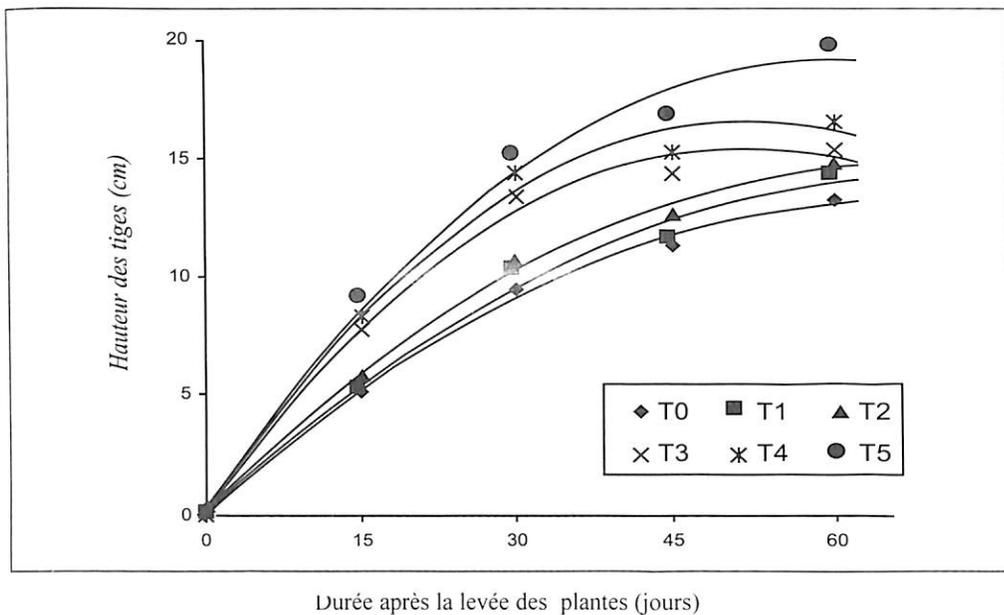
Source de variation	d.d.l	S.C.E	C.M	F _{obs}	F _{th}	
					5 %	1 %
Traitements	(p-1) = 5	SCE _a = 17969.7	CM _a = 3593.97	68.79 ***	6.16	15.2
Blocs	(q-1) = 3	SCE _b = 550.58	CM _b = 183.52			
Interaction	(p-1)(q-1) = 15	SCE _{ab} = 783.68	CM _{ab} = 52.24			
Totaux	23	19303.96	3829.73			

d.d.l : Degré de liberté ;

C.M : Carrés moyens ;

S.C.E : Somme des carrés des écarts ;

(***) : Différence hautement significative.

Figure 1 : Evolution de la hauteur des tiges dans les différents traitements après la levée des plantes.**Figure 2 :** Rendements des cultures pour les différents traitements appliqués.