

## Caractérisation et valorisation agricole des boues résiduaires de Draa Ben Khedda (Algérie)

Aomar Benmouffok

Les eaux résiduaires, régénérées et recyclées, peuvent être réutilisées de diverses manières, notamment pour le refroidissement de circuits industriels, la recharge artificielle des eaux souterraines, l'épandage aux fins d'irrigation et d'amendement. Cette dernière pratique, fort ancienne, a fait l'objet de nombreuses études [2-20].

Il est évident que la croissance rapide de la population, les sécheresses prolongées, le renchérissement des fertilisants et les pertes en humus du sol accentuées par les techniques modernes de production, nous conduisent à envisager la réutilisation des eaux usées et des boues résiduaires, non plus comme une spéculation intellectuelle, mais comme une nécessité agro-écologique.

L'objet de cette étude est de mesurer le degré de pollution des eaux usées de l'agglomération de Draa Ben Keddha (DBK), de la wilaya de Tizi Ouzou (Algérie), et d'appréhender la valeur agronomique des résidus issus de l'épuration.

En parallèle, un essai d'épandage, à titre d'amendement, a été réalisé afin de préciser l'impact de l'application des boues résiduaires sur certaines propriétés d'un sol agricole et sur la réponse d'une plante-test, en l'occurrence la pomme de terre (*Solanum tuberosum*).

A. Benmouffok : Université de Tizi Ouzou, Institut d'agronomie, Département de pédologie, BP 17 RP, 15000 Tizi Ouzou, Algérie.

Tirés à part : A. Benmouffok

### Pollution des eaux et caractérisation des boues résiduaires

#### Méthodologie

Les échantillons proviennent d'une même station d'épuration des eaux usées urbaines. Leur caractérisation physico-chimique répond aux techniques habituellement utilisées pour l'analyse de l'eau [19]. Pour les boues sèches les méthodes préconisées pour l'analyse des végétaux [14] et des sols [1] ont été appliquées.

L'estimation de la dépollution a été réalisée sur des échantillons moyens issus de cinquante prélèvements, au niveau du dessableur en ce qui concerne les eaux brutes (E1) et au niveau du décanteur secondaire pour les eaux épurées (E2).

L'évaluation de la valeur agronomique des boues résiduaires a porté, d'une part, sur des boues stabilisées liquides (B<sub>1</sub> et B<sub>2</sub>) avec des échantillons moyens issus de dix prélèvements. Les boues B<sub>1</sub> ont été prélevées lors du remplissage du lit de séchage, les boues B<sub>2</sub> l'ont été 48 heures après ce même remplissage. D'autre part, des boues stabilisées sèches (B<sub>3</sub> et B<sub>4</sub>) ont été analysées à partir d'échantillons moyens provenant de dix prélèvements manuels effectués à différentes profondeurs à partir des tas de boue et respectivement 15 et 45 jours après leur dépôt sur l'aire de stockage.

t : température en °C  
H : humidité en %  
MES : matière en suspension en mg/l  
DBO<sub>5</sub> : demande biochimique en oxygène en 5 jours en mg/l  
DCO : demande chimique en oxygène en mg/l  
CE : conductivité électrique en mmho/cm ou en us/cm  
CEC : capacité d'échange cationique en méq/100 g  
SST : taux de sels solubles en méq/100 g  
SAR : *sodium adsorption ratio* en méq/l  
MM : matière minérale en % de MS  
MV : matière volatile en % de MS  
MO : matière organique en % de MS  
Ce : carbone empirique en % de MS  
Nt : azote total en % de MS  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : acide phosphorique en % de MS  
Na : sodium en % de MS  
K : potassium en % de MS  
Ca : calcium en % de MS  
Mg : magnésium en % de MS  
C : carbone en % de MS  
S : somme des bases échangeables en % de MS

## Résultats et commentaires

L'analyse des données (tableau 1) montre que le rendement de l'épuration est faible (élimination de seulement 50 % en moyenne de la pollution) alors que, pour ce type de station dite à boues activées, il oscille normalement entre 90 et 100 % de DCO éliminée [6].

L'effluent de la station d'épuration menace en permanence de polluer le cours d'eau voisin (l'oued Bougdoura), distant de 200 mètres seulement. On a relevé que 64 % de l'azote « Kjeldahl » se retrouve dans l'effluent [12], ce qui contribue à une eutrophisation des poches d'eaux en période d'étiage. Par ailleurs, la nature hydrogéologique du moyen Sebaou et de son affluent, l'oued Bougdoura, révèle un échange hydraulique marqué entre le cours d'eau et la nappe phréatique, d'où une contamination des eaux souterraines par les nitrates. Les boues résiduelles présentent une composition qui varie en fonction du traitement (tableau 2). En effet, au fur et à mesure du séchage, on enregistre des pertes en éléments, notamment MV = 25 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 12 %, K = 92,68 %, N<sub>t</sub> = 56,26 %, Mg = 76,19 %, provoquées d'une part par le drainage et l'évaporation au niveau du lit de séchage (B<sub>1</sub> et B<sub>2</sub>) et d'autre part par le drainage et la fermentation des tas de boue au niveau des aires de stockage (B<sub>3</sub> et B<sub>4</sub>).

Les boues de la station d'épuration étudiée se classent dans la catégorie « amendement minéral azoté » selon la norme Afnor U440-41, avec un SAR variant de 4,11 à 10,9 méq/l. Elles ne présentent donc, a priori, pas ou peu de risques de dégradation des propriétés physiques du sol, particulièrement pour B<sub>3</sub> et B<sub>4</sub> [17].

Les recherches de Lamari [12] concernant les métaux lourds révèlent que, mis à part le Zn (3-16 ppm) la méthode des additions, en spectrophotométrie d'absorption atomique n'a pas détecté Cd, Hg, Pb, Cr et Cu.

## Essai de valorisation des boues résiduelles en agriculture

### Matériel et méthode

Le sol, de type agricole, est situé à 500 mètres du littoral de Sahel Bouberak (wilaya de Boumerdes).

### Tableau 1

#### Résultats analytiques des eaux usées

Paramètres	E1	E2	Rendement de l'épuration (%)
t ambiante	12,0	12,0	
t eau	11,4	11,5	
pH	6,9	7,7	
CE	1 550,0	1 430,0	
DCO	1 120,0	530,0	54
DBO <sub>5</sub>	630,0	290,0	53
MES	138,0	78,0	43
DCO/DBO <sub>5</sub>	1,78	1,83	

#### Results of waste water analysis

### Tableau 2

#### Composition analytique des différentes boues résiduelles

Paramètres	B1	B2	B3	B4
H	96	95	53	51
pH	6,3	5,9	6,4	6,6
CE	4,9	4,2	2,0	1,5
MM	61	64	68	72
MV	39	36	32	28
Ce	18,1	17,2	15,0	13,2
Nt	4,7	4,5	2,6	2,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,9	5,8	4,4	4,3
CEC	1 300	1 520	586	391
STT	24,7	21,2	10,1	7,2
SAR	9,3	10,9	6,6	4,1
Na	0,6	0,7	0,3	0,2
K	0,4	0,6	0,05	0,03
Ca	2,8	2,8	1,2	1,3
Mg	0,2	0,17	0,05	0,01

#### Composition of various sludges

### Tableau 3

#### Résultats analytiques de l'horizon de la parcelle d'essai (0-40 cm)

pH	8,10
C (%)	0,40
Nt (%)	0,03
MO (%)	0,80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0,03
C/N (%)	14,80
SST (méq/100 g)	0,51
T	5,50
Ca (méq/100 g)	15,70
Mg (méq/100 g)	2,20
K (méq/100 g)	9,10
Na (méq/100 g)	0,70
S (méq/100 g)	27,70

#### Analysis of the 0-40 cm horizon in the trial plot

## Summary

### Physical and chemical characterisation of sludge and its potential use for agricultural purposes in Draa Ben Khedda (Algeria)

A. Benmouffok

The present paper discusses the possibilities of recycling waste water and sludge for agricultural purposes. The case presented is that of the Draa Ben Khedda purification plant in Algeria.

To investigate whether the « waste » from the purification plant could be used for agricultural purposes, the waste water was assessed and the sludge characterised. The results showed that the purification process was not very efficient : during treatment, only 50 % of the pollutants were eliminated. In addition, studying the physical and chemical characteristics of several types of sludge emitted from the plant showed a mineral richness suggesting possibilities for its use as agricultural fertiliser.

Consequently, a trial spreading of liquid sludge was carried out and its impact on both agricultural soil and a test plant (*Solanum tuberosum*) was studied. To investigate the consequences on agricultural soil, increasing doses of sludge were used. The results showed that sludge was partly able to replace mineral fertiliser and had a positive influence both on the soil's physical and chemical properties and on the quality of the yield.

Cahiers Agricultures 1994 ; 3 : 295-9

## Tableau 4

Composition physicochimique des boues résiduelles et des traitements réalisés sur les parcelles D0 à D4

Paramètres	Boues	Quantité	D0	D1	D3	D4
H	96,00	surface élémentaire 150 m <sup>2</sup>	-	-	-	-
pH	6,36	Q/m <sup>3</sup>	0,0	0,75	1,50	3,00
CE	4,90	Q/kg	0,0	30,00	60,00	120,00
SST	24,70	-	-	-	-	-
SAR	9,25	-	-	-	-	-
Ce	18,33	-	-	-	-	-
MV	39,00	kg	0,0	11,70	23,40	46,80
Nt	4,71	kg	0,0	1,42	2,83	5,65
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,90	kg	0,0	1,47	2,94	5,88
Na	0,60	kg	0,0	0,18	0,36	0,78
K	0,40	kg	0,0	0,12	0,24	0,48
Ca	2,80	kg	0,0	0,84	1,68	3,36
Mg	0,21	kg	0,0	0,06	0,12	0,25
MV/Nt	8,28	-	-	-	-	-
MV/MS	9,75	-	-	-	-	-

Physical and chemical composition of sludge and treatment carried out

Les caractéristiques physicochimiques (tableau 3) de l'échantillon moyen de sol arable, obtenu à partir de vingt et un prélèvements à 40 centimètres de profondeur selon la méthode des diagonales, montrent une texture limono-sableuse (respectivement 23 et 72,5 %), une structure particulaire dont le rapport limon sur argile est de l'ordre de 5,11 correspondant à une forte instabilité structurale. La capacité d'échange cationique est faible avec un taux de saturation en éléments minéraux correct.

Les boues résiduelles liquides provenant de l'agglomération de DBK ont été répandues à doses croissantes sur le sol jusqu'à un apport maximum de 8 t/ha. Leurs caractéristiques physicochimiques (tableau 4) révèlent une richesse en éléments minéraux répondant à tous les paramètres agronomiques. En outre, l'épandage de ce type d'amendement (96 % d'eau) contribue à l'humidification du sol et pourrait être utilisé à titre d'irrigation fertilisante.

La pomme de terre *Solanum tuberosum* var. ostara (calibre 35-45 cm) a été utilisée pour l'analyse de l'impact des boues résiduelles sur le rendement et la qualité du produit récolté.

Le dispositif expérimental de plein champ comprend un système en bloc aléatoire complet avec quatre répétitions portant sur une superficie totale de 2 697 m<sup>2</sup> (62 × 43,5 m) dont 2 400 m<sup>2</sup> (60 × 40 m) de surface utile répartie en parcelles élémentaires de 150 m<sup>2</sup> (10 × 15 m).

Chaque parcelle de chaque répétition reçoit une dose d'épandage différente :

## Tableau 5

Paramètres d'analyses et méthodologie

Sol	À la récolte	Méthodes
pH	+	1/2 pH mètre
CE	+	1/5 conductomètre
SST	+	LA Richard
C org.	+	Walkey black
M org.	+	C% + 1,72
Nt	+	Kjeldahl
CEC = T	+	Metson
S	+	Ca, Mg, SA Atomic
		Na, K, SA Flamme
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	+	Joret, Hébert

Analytical parameters and methodology

nulle pour D0 (sol témoin), 50 m<sup>3</sup>/ha pour D1, 100 m<sup>3</sup>/ha pour D2 et 200 m<sup>3</sup>/ha pour D3. Celui-ci, effectué en septembre, est suivi d'un enfouissement en novembre. Le billonnage de la parcelle a été effectué en décembre (21 billons/150 m<sup>2</sup> espacés de 70 cm) et la plantation en janvier (0,67 Qx/150 m<sup>2</sup>, les plants étant distants de 15-20 cm). La récolte manuelle a eu lieu en avril. On n'a pas tenu compte des deux billons externes de chaque parcelle ni du plant situé aux deux extrémités de chaque billon, afin d'éliminer l'effet de bordure.

## Résultats et discussion

Les échantillons de sols analysés (tableau 5) ont été prélevés une semaine avant la récolte.

L'analyse des données (tableau 6) révèle

que l'épandage de boues sur le sol ne s'est pas accompagné de modification notable du pH ni de la salure, bien que celle des boues épandues soit élevée (24,7 méq/100 g). Ces résultats sont contraires à ceux de Morel et Jaquin [17] (élévation du pH dans le cas des boues chaulées) et à ceux de Chawla *et al.* [5] et King *et al.* [10] (diminution du pH dans les autres cas).

L'incorporation des boues a faiblement modifié la garniture ionique du complexe absorbant (12,7 %) et la capacité d'échange cationique (6 %), en particulier pour D3, ce qui confirme les résultats obtenus par de nombreux auteurs [11, 15, 17].

Il en est de même pour la matière organique dont le taux augmente proportionnellement aux doses appliquées.

Le traitement D3 présente une teneur en azote total et en phosphore considérable-

ment supérieure à celle de D0 (témoin). Pour ce dernier, « une augmentation de 0,01 % du stock en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable nécessite un apport moyen de 18,1 kg de phosphore sous forme de boues » [16].

L'impact de l'épandage sur la production de pommes de terre (tableau 7) révèle un accroissement significatif des rendements (analyse de la variance avec F<sub>observé</sub> = 16,82, F<sub>0,999</sub> = 13,9). En outre, la comparaison globale des moyennes, selon le test de Duncun, montre un rendement accru pour la plus forte dose (200 m<sup>3</sup>/ha), soit D3 > D2 = D1 = D0. Du point de vue qualitatif, le calibre des tubercules a globalement suivi l'augmentation des rendements et ce, en fonction de l'amendement.

## Conclusion

L'épuration des eaux de la station de Draa Ben Khedda n'est effective qu'à 50 %, d'où un risque de contamination des eaux de surface et souterraines. Les données obtenues permettent d'envisager la valorisation, en agriculture, des eaux épurées *via* l'irrigation fertilisante et l'utilisation des boues résiduaires comme amendement organique et minéral. Les boues résiduaires d'origine urbaine peuvent donc remplacer une partie de la fumure minérale tout en agissant favorablement sur les propriétés physicochimiques du sol ainsi que sur le niveau et la qualité de la production ■

### Tableau 6

#### Récapitulatif des résultats édaphiques en fonction du traitement

Traitement	D0	D1	D2	D3
pH	8,05	7,90	7,80	7,90
CE (mmho/cm)	0,123	0,124	0,124	0,125
SST	0,61	0,62	0,62	0,63
C org.	0,55	0,59	0,61	0,68
Nt	0,94	-	-	1,30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,033	-	-	0,036
K	0,39	0,41	0,46	0,50
Na	0,02	0,03	0,03	0,03
Ca	0,52	0,52	0,51	0,52
Mg	0,014	0,016	0,019	0,022
S	0,94	0,98	1,02	1,06
Indice 100	100,00	104,30	108,50	112,70
CEC	4,75	4,75	4,83	5,04
Indice 100	100,00	100,00	101,60	106,00

Summary of edaphic results according to treatment

### Tableau 7

#### Rendement en t/ha de la parcelle expérimentale et classification des tubercules de pomme de terre

Traitement	Bloc				Moyenne (t/ha)	Indice	Classe (%)	
	0	1	2	3			> 7 cm	< 7 cm
D0	3,39	2,91	2,44	2,57	18,2	100,0	12,00	88,00
D1	3,48	3,08	2,55	2,00	20,0	100,6	13,63	86,47
D2	3,59	3,16	2,76	3,10	20,9	111,1	19,23	80,77
D3	3,70	3,50	3,36	3,24	22,9	121,8	27,88	72,42

Trial plot yield (in t/ha) and of potato tubers classification

## Références

1. Aubert G. *Méthode d'analyse des sols*. Marseille : CRDP, 1978 ; 189 p.
2. Barbier G, Trocme S, Chabannes J. Nouvelles recherches sur la chlorose des cultures en terrain d'épandage. *CRD Acad Agric* 1950 ; 36 : 179-81.
3. Benmouffok A. *Contribution à l'étude d'emploi des boues résiduaires en cultures maraîchères*. Thèse Ingénieur INA, Alger, 1980 ; 36 p.
4. Chausson R, Gupta SK, Hall JE, et al. Nitrogen and phosphorus value of sewage sludge. In : Hall JE, William JH, eds. *EEC Concerted action, treatment and use of sewage sludge*. 1985 ; 62 p.
5. Chawla VK, Briant DN, Liu D. Disposal of chemical sewage sludge on land and their effects on plant, leachate and soil systems. *Sludge handling and diasporal Seminar Conf Proceed*. Toronto : Ontario Min Envir, 1974 ; 2 : 207-33.
6. Degrémont. *Memento technique de l'eau*. Paris : Ed Tech et Doc, 1978 ; 654 p.
7. Gomez A, Lineres M, Tauzin J, et al. *Effect of sewage sludge application on the organic matter transformation of a sandy soil*. Bordeaux : Joint Cont France, Envir, Inra/Cea, 1984 ; 37 p.
8. Juste C. Valorisation agricole des boues issues du traitement des eaux usées urbaines. *Trib du Cebedau* 1979 ; 432 : 7.
9. Juste C. Toxic effects of sewage sludge added to soil. *Workshop of Cincinnati (Ohio, USA)*. Ed. Envir. Prot. Agency, 1986 ; 10 : 199-213.
10. King LD, Morris HD. Land disposal of liquid sewage sludge. The effect on soil pH, Mn, Zn and growth and chemical composition. *J Envir Qual* 1972 ; 1 : 425-9.
11. Kirkam MB. Disposal of sludge on land : effect on soil, plant and ground water. *C Sci* 1974 ; 3-4 : 6-10.
12. Lamari M. *Utilisation des boues résiduaires en agriculture*. Thèse Ingénieur INA. Alger, 1979 : 72 p.
13. Metkaeff and Eddy, INC. *Wastewater engineering, collection treatment disposal*. New York : MGHBC , 1972 ; 782 p.
14. Morard J, Gullo JL. Minéralisation des tissus végétaux en vue du dosage de P, K, Ca, Mg, Na. *Ann Agro* 1970 ; 21 : 229-34.
15. Morel JL. *Contribution à l'étude de l'évolution des boues résiduaires dans le sol*. Thèse de doctorat. Univ Nancy I, 1977 ; 117 p.
16. Morel JL. Boues résiduaires et fertilisation phosphatée. *Bull Phosp et Agric* 1978 ; 73 : 15-22.
17. Morel JL, Jacquin F. Utilisation agricole des boues résiduaires urbaines chaulées et non chaulées, incidence de trois années d'épandage sur la fertilité d'un sol neutre de limon. *Sc Sol* 1978 ; 29 p.
18. Pommel B, Tétard JM. Incidence de la nature des effluents des types de filières de traitements des eaux et des boues sur la valeur agronomique des boues. *TSM l'Eau* 1976 ; 7 : 327-30.
19. Rodier J. *L'analyse de l'eau*. Paris : Dunod, 1975 ; 630 p.
20. Wolman A. Public health aspects of land utilisation of wast-water effluent and sludges. *J WPCF* 1977 ; 49 : 2211.

## Résumé

Les possibilités de recyclage des eaux et des boues résiduaires en agriculture sont présentées dans le cas de la station d'épuration des eaux usées de Draa Ben Khedda (Algérie).

La quantification de la dépollution des eaux usées et la caractérisation des boues résiduaires en vue d'une valorisation agronomique attestent que le rendement de l'épuration est faible, 50 % seulement de la pollution étant éliminée lors du traitement des eaux. En outre, l'étude des caractéristiques physiques et chimiques des divers types de boues issus de l'épuration montre, d'une part leur richesse en éléments minéraux et, d'autre part, la possibilité d'une valorisation agricole à titre d'amendement.

Un essai de valorisation par épandage de boues résiduaires liquides, suivi d'une étude d'impact sur un sol agricole planté en pommes de terre, a été réalisé. L'apport d'amendement, à doses croissantes, révèle que les boues résiduaires peuvent être substituées à une partie de la fertilisation minérale tout en agissant favorablement sur les propriétés physico-chimiques du sol, sur le rendement et sur la qualité des produits.