

# Épandage de boues de station d'épuration sur un sol sableux supportant une rotation fourragère ou une rotation légumière en région saumuroise

F. LEMAIRE\*, R. MORICHON\*\*, J. MEIGNAN\*\*\*

---

## SOMMAIRE

*On se propose d'étudier les conséquences d'un apport répété (4 fois) de doses croissantes (0 à 300 m<sup>3</sup>/ha) de boues de station d'épuration sur un sol sableux de la région de Saumur et sur la composition chimique des végétaux cultivés pour l'alimentation animale (maïs fourrage et ray-grass italien) et humaine (laitues de printemps et betterave rouge).*

## INTRODUCTION.

La teneur en éléments fertilisants des boues de station d'épuration (azote et phosphore) conduit à penser à une valorisation agricole plutôt qu'à une mise en décharge ou à une incinération. Ceci suppose une bonne connaissance de la composition des boues et de leurs effets sur les sols et les cultures.

De nombreux travaux ont déjà été effectués sur ce sujet : DUDAS et PAWLUK, 1975 ; SABEY et HART, 1975 ; JUSTE et SOLDA, 1977 ; KELLING et al., 1977 ; KORCAK et al., 1979 ; POMMEL, 1979 ; JUSTE et SOLDA, 1980.

On note généralement des effets nuls à bénéfiques sur les rendements, parfois des effets négatifs sur la germination de certaines plantes, un enrichissement des tissus en N et P (parfois pour P, un appauvrissement), une accumulation de certains métaux comme le cadmium, le cuivre, le nickel, le zinc. Il faut préciser que ces accumulations varient avec le type de plante cultivée, avec le type de métal, et avec les doses et les types de boues apportées. Concernant le sol, les teneurs en C, N et P sont augmentées alors que, pour les métaux lourds, les effets ne sont pas toujours nets, surtout quand les doses de boues appliquées sont modestes.

Les modifications de la composition chimique, en particulier oligo-éléments et métaux lourds, peuvent affecter tout ou partie de la plante : par exemple, le système aérien et non les grains dans le cas du blé ou du maïs. Or, toutes les plantes cultivées ne le sont pas pour la production de grains consommables ; dans certains cas, les feuilles, les racines sont utilisées pour l'alimentation humaine ou animale.

Cette note a pour but d'étudier les modifications du sol et de la composition chimique des végétaux cultivés pour l'alimentation animale (fourrages) et humaine (légumes) par suite d'apports répétés d'une boue peu chargée en métaux lourds provenant de la station d'épuration de la ville de Saumur.

---

\* I.N.R.A., Station d'Agronomie, Angers.

\*\* District Urbain, Saumur.

\*\*\* C.R.D.A.S., Doué-la-Fontaine.

TABLEAU 1. — *Caractéristiques physiques et chimiques du sol et sous-sol de l'essai.*TABLE 1. — *Physical and chemical characteristics of field experiment soil.*

	CARACTERISTIQUES PHYSIQUES					pH eau	CARACTERISTIQUES CHIMIQUES										
	% terre fine						% terre fine							ppm terre fine			
	<0,002	0,002 -0,02	0,02 -0,05	0,05 -0,2	0,2 -2 mm		C	M.O. totales	N Kjel	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass.	K ech.	Ca ech.	Mg ech.	Cu	Mn	Zn
sol (0-25 cm)	167	148	100	240	345	7,5	8,3	14,2	0,93	8,87	0,219	0,056	2,471	0,234	17	272	5,56
s/sol (25-50 cm)	167	147	96	238	352	7,1	6,4	10,9	0,76	8,37	0,243	0,046	2,094	0,255	18	288	4,52

- Cu total H.F.
- Mn facilement réductible
- Zn extractible HCl 0,2 N

## I. ESSAIS REALISES.

### I. BUT.

Comparer les effets d'apports répétés de boues de la station d'épuration de Saumur sur l'évolution des teneurs du sol en différents éléments minéraux, sur le comportement et la composition chimique des végétaux cultivés, soit dans une rotation fourragère, soit dans une rotation légumière pendant 3 ans.

### II. PROTOCOLE.

a) L'essai a été implanté en 1979 sur un terrain du service des espaces verts de la ville de Saumur (Maine-et-Loire), situé sur la commune de Saint-Lambert-des-Levés.

b) Le sol cultivé (tableau 1) est un sol sablo-argileux à pH 7,5 reposant sur un sous-sol de même nature; les réserves minérales sont moyennes pour le  $P_2O_5$  et faibles pour le  $K_2O$ .

c) Deux rotations culturales ont été implantées :

- rotation fourragère : maïs fourrage - ray-grass italien,
- rotation légumière : laitue de printemps - betterave rouge.

d) Le dispositif comprend 12 parcelles de 4 m<sup>2</sup>, séparées par des passe-pieds et réparties en 4 blocs de 3 parcelles : 2 blocs pour chacune des rotations.

e) Les boues utilisées proviennent de la station d'épuration de Saumur.

Traitement des boues : les effluents traités sont essentiellement d'origine domestique, peu d'établissements industriels étant raccordés sur le réseau d'assainissement. De façon à obtenir une réduction suffisante des matières volatiles, les boues subissent une digestion anaérobie pendant un mois environ, ce qui a pour conséquence de provoquer une minéralisation importante de certains éléments (azote par exemple). Les boues digérées issue du digesteur sont alors stockées dans des bassins étanches représentant environ six mois de production. Cette étape a pour but d'épaissir les boues (concentration en matière sèche doublée) et de stocker pendant l'hiver.

Composition des boues : la composition chimique des boues est donnée dans le tableau 2 où l'on constate des variations faibles en fonction des dates d'apport. Ceci est dû au fait que les boues séjournent longtemps dans le digesteur et dans les bassins de stockage qui ont un effet tampon. Les boues sont riches en azote, acide phosphorique, calcium, zinc et cuivre, mais pauvres en potassium comme la plupart des boues. Elles ne sont pas chargées en métaux lourds d'après les références données par la littérature.

L'apport des boues est effectué au printemps, entre la récolte de ray-grass et le semis de maïs, et avant la culture de laitue. Cependant, en 1979, un deuxième apport de boues a été réalisé en octobre avant le ray-grass. Au total, pour les 3 ans, 4 apports de boues ont été effectués. L'épandage de ces boues liquides est réalisé à l'aide d'un arrosoir sur les parcelles expérimentales; dans la pratique, la ville de Saumur est équipée d'un camion spécial et de matériel d'aspersion.

Trois doses ont été apportées :

- une dose 0 sur les parcelles témoins,
- une dose moyenne de 150 m<sup>3</sup>/ha/an correspondant à la pratique agricole et équivalant à 7 t/ha/an MS,
- une dose forte 300 m<sup>3</sup>/ha/an, équivalant à 14 t/ha/an MS.

Le tableau 3 indique les quantités de matière sèche, de carbone, d'azote et d'acide phosphorique total apportées par les 4 épandages de boues.

La fertilisation minérale a été la suivante :

- 400 unités de  $K_2O$  sous forme de chlorure de potassium pour toutes les parcelles étant donné les réserves faibles du sol, la pauvreté des boues en cet élément et les besoins élevés des cultures des deux rotations,

TABLEAU 2. — Composition minérale des boues de station d'épuration en fonction des dates d'apport.

TABLE 2. — Sewage sludge analysis.

		Dates d'apport			
		6.4.79	13.10.79	22.4.80	21.5.81
Teneur en MS g/l		44	46	45	49,7
% MS	Cendres	41.1	39.3	47.2	40.5
	C. org.	nd	nd	30.6	34.6
	N Kjeldahl	4.54	4.82	5.2	5.60
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.66	3.4	3.2	3.61
	Ca	nd	nd	5.54	4.04
	Mg	nd	nd	0.58	0.40
	K	0.2	0.17	0.25	0.41
	Na	nd	nd	0.27	0.45
	Fe	1.17	nd	1.33	1.08
ppm MS	B	nd	nd	28	48.90
	Cd	nd	10.8	12	17
	Cr	169	84	269	193
	Co	nd	2.1	3.3	4.5
	Cu	1185	981	810	1250
	Mg	3.1	3	2.5	8.0
	Mn	554	378	367	293
	Ni	46	60	162	179
	Pb	286	209	273	210
	S	nd	nd	nd	13890
	Zn	2154	1765	1537	1611

— 150 unités d'N sous forme d'ammonitrate sur les parcelles témoins ; cette dose correspond à la quantité N apportée pour la première dose de boues et a été épandue au printemps en une fois chaque année,

— 200 unités de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme de superphosphate sur les parcelles témoins. Cette dose est équivalente à celle apportée par la première dose de boues.

## II. MESURES EFFECTUEES.

### I. ANALYSES DU SOL ET DU SOUS-SOL.

Elles ont été réalisées après 4 apports de boues, à la fin des 3 rotations, en 1982. Elles ont consisté à mesurer les propriétés chimiques du sol : pH, C et N total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable, K, Ca, Mg échangeables, Mn facilement réductible, Zn extractible HCl 0,2 M, Cu total, Cr total, Ni total, Co total, Pb total, Cd total et Hg total (méthode HF) ; B, Fe et Mo n'ont pas été déterminés.

TABLEAU 3. — Quantités (kg/ha) de matière sèche, de carbone, d'azote, de  $P_2O_5$  apportées par les 4 épandages de boues.

TABLE 3. — Dry matter, C, N,  $P_2O_5$  quantities supplied by the four sludges applications.

Boues	Matière sèche	Carbone	Azote	$P_2O_5$
150 m <sup>3</sup> /ha/an	28.000	9.520	1.396	970
300 m <sup>3</sup> /ha/an	56.000	19.040	2.792	1.940

II. LA PRODUCTION DE BIOMASSE par les différentes cultures a été pesée à l'état frais et à l'état sec, et est exprimée en g MS par parcelle.

III. L'ANALYSE DES VEGETAUX récoltés a porté sur la détermination des éléments N, P, K, Ca, Mg, Na, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb et Zn totaux.

### III. RESULTATS ET COMMENTAIRES.

#### I. ACTION SUR LE SOL ET LE SOUS-SOL.

Le tableau 4 montre les résultats des analyses effectuées sur les prélèvements de sol et de sous-sol pour chacune des parcelles après 4 apports de boues.

##### a) Effet de la dose de boues pour les deux types de rotation :

— sur le sol : le pH des parcelles témoins a tendance à diminuer alors que celui des parcelles recevant de la boue est maintenu à son niveau d'origine.

Les taux de C et de N, donc de matière organique, augmentent avec la dose de boues apportée, alors que le C/N n'est pas modifié. Le tableau 5 montre les bilans du carbone et de l'azote effectués pour la couche 0-25 cm de sol ( $da = 1,17$ ). Pour le carbone, il apparaît que la rotation fourragère contribue à mieux maintenir le taux dans le témoin sans boues que la rotation légumière ; dans le cas où les boues sont épandues on ne note pas de différence entre les deux rotations. Le coefficient  $k_1$  de ces boues a été calculé : 0,38 en moyenne. Pour l'azote, le bilan est négatif dans les parcelles témoins sans apport de boues ; la rotation légumière accentue le phénomène. L'apport de boues contribue à augmenter le stock d'azote dans ce type de sol.

Les taux de Ca, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd sont plus élevés dans les parcelles recevant de la boue. Les éléments Mg, Mn, Cr, Co ne subissent pas de variation.

Les augmentations du K échangeable par rapport à la teneur initiale sont dues à la fumure de fond ; mais il faut noter que l'apport de boues provoque une diminution du taux de potassium par lessivage du K minéral apporté en complément, et par échange de cet élément avec Ca et Mg apportés par la boue.

Les taux de  $P_2O_5$  sont plus élevés à la fin de l'expérience dans les 3 traitements, mais l'accumulation est plus importante dans la parcelle témoin que dans la parcelle recevant 150 m<sup>3</sup> de boues, ce qui peut être expliqué par un degré d'extraction du  $P_2O_5$  plus faible due à la méthode utilisée.

TABLEAU 4. — Analyses du sol et du sous-sol des parcelles recevant des doses croissantes de boues après 3 ans d'expérimentation.

TABLE 4. — Soil and subsoil analysis after three years of increased sludge rates supplies.

			% Terre sèche								ppm Terre sèche								
			pH eau	MO	N	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass.	Ca ech.	Mg ech.	K ech.	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn**	Ni	Pb	Zn***
Rotation fourragère	0	sol s/sol	7,1	1,46	0,91	9,34	0,527	2,01	0,20	0,17	0,16	12,9	52,8	15,4	0,04	240	24,4	34,0	5,04
			7,7	0,99	0,73	7,94	0,286	2,01	0,24	0,06	0,05	13,7	55,9	13,0	0,03	260	26,2	29,0	4,16
	150	sol s/sol	7,4	1,63	1,10	8,63	0,449	2,05	0,21	0,16	0,18	13,0	57,2	21,9	0,10	245	25,7	34,0	14,09
7,6			0,99	0,73	7,94	0,269	2,00	0,26	0,06	0,05	13,3	55,8	12,4	0,02	266	27,6	28,0	4,36	
300	sol s/sol	7,4	1,77	1,24	8,30	0,499	2,11	0,20	0,15	0,21	12,1	54,4	26,3	0,13	240	25,5	38,0	18,16	
		7,7	1,03	0,69	8,69	0,326	1,93	0,23	0,06	0,06	12,8	53,3	15,2	0,07	244	25,1	31,0	5,14	
Rotation légumière	0	sol s/sol	7,3	1,34	0,87	8,96	0,539	2,05	0,20	0,15	0,16	11,9	53,4	15,7	0,05	230	23,4	29	4,91
			7,4	0,89	0,66	7,87	0,269	1,91	0,23	0,05	0,06	12,8	56,9	12,8	0,04	236	26,1	29	3,86
	150	sol s/sol	7,6	1,59	1,06	8,77	0,409	2,31	0,20	0,12	0,14	11,8	56,1	20,3	0,09	234	24,8	32	12,66
			7,5	0,91	0,66	8,03	0,258	2,13	0,23	0,05	0,11	12,2	55,9	12,1	0,03	255	25,2	33	4,25
	300	sol s/sol	7,5	1,97	1,27	9,05	0,592	2,71	0,20	0,11	0,23	11,9	53,9	32,0	0,13	228	25,9	36	22,26
			7,5	0,92	0,69	7,82	0,294	2,18	0,20	0,05	0,08	12,5	57,3	13,3	0,04	278	26,3	27	5,04

\*\* Mn facilement réductible

\*\*\* Zn extractible Hcl 0,2 M

les autres métaux lourds sont exprimés en élément total H.F.

**APPORT DE BOUES DANS UN SOL SABLEUX**

**TABLEAU 5. — Bilans du carbone et de l'azote après 4 apports de boues suivant les rotations fourragère et légumière.**

**TABLE 5. — Soil carbone and nitrogen balances after four sludge supplies according to the forage or vegetable crops succession.**

Bilan	Rotation	au début essai		Doses boues	C apporté T/ha	C retrouvé T/ha	Coefficient K l
		C %	C T/ha				
Carbone	Fourragère	8,3	24,310	0	0	22,896	0,37 0,31
				150	9,520	27,825	
				300	19,040	30,168	
	Légumière	8,3	24,310	0	0	22,846	0,31 0,49
				150	9,520	27,239	
				300	19,040	33,683	
Azote	Fourragère	N %	N kg/ha	Doses	N apporté kg/ha	N retrouvé kg/ha	
				boues			
				0			
	150	1396	3221				
	300	2792	3631				
	Légumière	0,93	2723	0	0	2548	
150				1396	3104		
300				2792	3719		

**TABLEAU 6. — Rendements en g MS par parcelle pour la rotation fourragère en fonction des années.**

**TABLE 6. — Crop yields (dry matter g/plot) in the forage succession during three years.**

Années	doses de boues	Maïs fourrage			Ray-grass anglais		
		1	2	moyenne	1	2	moyenne
1979	0	Non déterminé			Non récolté		
	150						
	300						
1980	0	5671	6408	6039	339	304	322
	150	4878	5486	5182	491	546	519
	300	5579	6240	5909	856	578	717
1981	0	7754	8251	8002	Non déterminé		
	150	6497	6756	6626			
	300	7999	7741	7871			

— sur le sous-sol : le pH augmente quelle que soit la parcelle, alors que le taux de  $P_2O_5$  s'élève surtout dans le cas de l'épandage de 300 m<sup>3</sup>/ha de boues (entraînement possible du phosphore en profondeur). Les taux de Zn et Cu augmentent surtout avec le fort apport de boues. Les teneurs des autres éléments ne sont pas modifiés par les apports de boues.

#### b) Effet du type de rotation :

Avec la rotation maïs — ray-grass, les pH du sol ont tendance à être plus faibles qu'avec la rotation laitue — betterave rouge, ce qui est confirmé par des teneurs en Ca échangeables plus faibles.

Les teneurs en K échangeable du sol et du sous-sol ont tendance à être plus faibles dans la rotation légumière que dans la rotation fourragère.

c) **des notations visuelles** ont montré que l'apport de boues a eu un effet nocif sur la structure du sol des parcelles recevant la dose la plus élevée (300 m<sup>3</sup>/ha) : augmentation de la battance et présence de mottes mal réduites. Ce fait a causé un handicap certain pour l'implantation du maïs et de la laitue.

## 2) ACTION SUR LA PRODUCTION DE BIOMASSE.

Les tableaux 6 et 7 donnent les rendements en g MS obtenus par parcelle élémentaire dans les deux types de rotation.

Il apparaît que les effets de doses croissantes de boues sont nuls sur les rendements du maïs et de la laitue, alors que pour le ray-grass (une seule année) et pour la betterave rouge (2 années sur 3), les effets sont positifs (seule l'année 1981 montre des différences significatives pour la betterave rouge).

D'autre part, on ne voit pas apparaître d'effet phytotoxique dû aux apports répétés de boues, même en quantités importantes, à l'exception de la laitue en 1980 et 1981 où la dose 300 aurait tendance à diminuer les rendements par rapport à la dose 150 ; mais ceci peut être dû à la mauvaise structure constatée.

TABLEAU 7. — Rendements en g MS par parcelle pour la rotation légumière en fonction des années.

TABLE 7. — Crop yields (dry matter g/plot) in the vegetable succession during three years.

Années	doses de boues	Laitue			Betterave rouge		
		1	2	moyenne	1	2	moyenne
1979	0	226	244	235	61	102	81
	150	190	194	192	153	54	103
	300	251	196	223	224	153	188
1980	0	164	81	122	1350	1660	1505
	150	205	183	194	1270	1020	1145
	300	148	163	155	1680	1060	1370
1981	0	101	213	157	1201	1304	1252
	150	194	188	191	1858	1713	1785
	300	158	141	149	2010	1879	1944



L'effet favorable constaté sur les rendements de la deuxième culture de la rotation est dû à un effet azote des boues, car la fertilisation azotée des parcelles témoins était apportée uniquement au printemps pour la première culture.

### 3) ACTION SUR LA COMPOSITION MINERALE DES PLANTES CULTIVEES.

Parmi les 17 éléments minéraux déterminés, seules les modifications significatives des teneurs sont données et discutées dans la suite de la note.

#### a) Cultures légumières :

— betterave rouge (tableau 8) : les doses croissantes de boues augmentent significativement les teneurs en Na, Zn de la matière sèche, alors qu'elles ont tendance à diminuer les taux de P.

L'effet d'accumulation des apports de boues apparaît de façon significative dans le cas de ces deux éléments ; en particulier pour le zinc, l'existence d'une interaction significative dose x année montre une tendance à l'augmentation des teneurs en fonction du nombre d'apports de boues alors que dans le témoin les teneurs diminuent.

— laitue (tableau 8) : l'apport croissant de boues a pour effet d'augmenter de façon significative les teneurs en Cu et Zn de la matière sèche et de diminuer les teneurs en P.

L'effet d'accumulation des apports de boues apparaît pour le Na, Cu, Zn alors que pour le Mo on note une diminution des teneurs quel que soit le traitement.

— conclusions : quelle que soit l'espèce légumière cultivée, les apports de boues ont pour effet d'augmenter de façon significative les taux de Cu, Zn et Na dans la matière sèche. Les teneurs restent stables pour les autres oligo-éléments et les métaux lourds.

La décroissance du taux de P indique que la fourniture de P par les boues est moins bonne que celle du témoin recevant une fertilisation phosphatée sous forme minérale. Ce phénomène signalé par JUSTE (1977) serait dû à une efficacité apparente plus faible du phosphore contenu dans les boues : 70 % de celle du phosphate monocalcique d'après POMMEL (1979) ; cette diminution de l'efficacité apparente de P pourrait être due à une absorption déprimée de cet élément en présence de métaux lourds.

#### b) Cultures fourragères :

Le ray-grass n'ayant été récolté et analysé qu'une seule année, les conclusions se feront uniquement sur les analyses du maïs fourrager (tableau 8).

L'apport de boue modifie de façon significative les teneurs en N du maïs, augmente les teneurs en Zn, ne modifie pas apparemment les teneurs en Mn ; mais l'existence d'une interaction dose x année significative montre que, pendant deux premières années, l'effet a été de diminuer les taux de Mn alors qu'en troisième année l'effet a été inverse. Il faut mentionner la tendance à la diminution des taux de P avec l'apport des boues.

## IV. CONCLUSIONS.

Ces premiers résultats obtenus après trois ans d'expérimentation et quatre apports de boues montrent les faits et tendances suivants :

a) **concernant le sol** : la dose moyenne de 150 m<sup>3</sup>/ha/an modifie faiblement les propriétés chimiques du sol sableux ; par contre, la dose élevée (300 m<sup>3</sup>/ha) provoque une accumulation sensible en oligo-éléments et en métaux lourds, sans atteindre des teneurs phytotoxiques puisque les plantes n'ont pas montré de réaction. Il faut cependant remarquer que les taux de Cu et Zn atteignent les niveaux les plus élevés rencontrés généralement dans les sols. Il faut noter aussi l'effet nocif de la dose élevée (300 m<sup>3</sup>/ha) sur la structure du sol, qui peut être dû à la méthode d'arrosage.

Dans ce type de sol, les bilans carbonés et azotés deviennent positifs avec les apports de boues, ce qui témoigne de leur valeur agronomique, au moins à court terme. Il faudrait connaître avec précision l'intérêt de ces résidus carbonés et azotés.

TABLEAU 8. — Modifications des teneurs en N, P, Na, Cu, Mo, Mn, Zn du maïs fourrage, de la laitue et de la betterave rouge en fonction de l'année et des doses de boues.

TABLE 8. — N, P, Na, Cu, Mo, Mn, Zn concentrations in forage maize, spring lettuce and red beets with the year and the increased sludge rates.

	N % MS				P % MS				Na % MS				Cu ppm MS				Mo ppm MS				Mn ppm MS				Zn ppm MS				
	1979	1980	1981	Effet dose	1979	1980	1981	Effet dose	1979	1980	1981	Effet dose	1979	1980	1981	Effet dose	1979	1980	1981	Effet dose	1979	1980	1981	Effet dose	1979	1980	1981	Effet dose	
M a i s	0	1,26	1,37	1,10	1,24																46,54	50,52	27,51	41,52	16,07	18,27	18,15	17,50	
	150	1,15	1,14	1,13	1,14																	41,45	41,47	34,73	39,22	19,58	26,81	25,89	24,09
	300	1,28	1,40	1,23	1,30																	43,90	44,34	35,27	41,17	19,60	32,30	25,83	25,91
	Effet année	1,23	1,30	1,15																		43,96	45,44	32,5		18,42	25,79	23,29	
	FPDS 5 %	0,09																				3,22				4,52			
L a i t u e s	0				0,49	0,69	0,50	0,56	0,77	0,92	1,13	0,94	11,47	9,90	13,14	11,50	3,90	1,25	1,01	2,05					30,45	29,85	35,43	31,9	
	150				0,45	0,50	0,43	0,46	0,78	1,12	1,39	1,09	11,98	9,53	16,45	12,65	2,60	1,10	0,74	1,49					41,46	44,24	53,79	46,4	
	300				0,47	0,58	0,40	0,48	1,00	1,28	1,21	1,16	13,06	12,25	16,13	13,85	2,80	1,17	1,16	1,55					49,80	55,14	57,94	54,2	
	Effet année				0,47	0,59	0,44		0,85	1,10	1,24		12,17	10,56	15,24		3,10	1,18	0,80						40,57	43,07	49,05		
	FPDS 5 %					0,09				0,18				1,68				0,90					4,24						
B e t - R o u g e s	0				0,49	0,34	0,40	0,41	0,91	1,78	1,99	1,56													41,53	34,94	27,92	34,80	
	150				0,45	0,35	0,31	0,37	0,90	1,66	2,19	1,58													43,63	46,67	49,16	46,48	
	300				0,45	0,25	0,34	0,35	1,67	1,80	2,43	1,91													48,57	47,02	55,77	51,12	
	Effet année				0,46	0,31	0,35		1,16	1,74	2,20														44,57	42,88	44,95		
	FPDS 5 %					0,06				0,32															2,92				

F. LEMAIRE, R. MORICHON, J. MEIGNAN

b) **les rendements des cultures** : les effets sont nuls pour le maïs, légèrement favorables pour la betterave rouge et le ray-grass, par suite d'une mauvaise répartition des apports d'N dans les parcelles témoins ; pour la laitue, la dose 300 m<sup>3</sup>/ha aurait tendance à avoir un effet dépressif à cause des actions néfastes sur la structure du sol.

c) **la composition minérale des plantes cultivées** : quelle que soit la rotation, fourragère ou légumière, l'effet des boues est favorable pour la fourniture d'N, Na (ce dernier en particulier pour la betterave rouge). Les teneurs en phosphore des cultures sont plus basses en présence de boues, ce qui confirme les résultats antérieurs et l'intérêt des recherches effectuées sur les causes de cette assimilabilité moindre.

L'apport de métaux lourds et d'oligo-éléments par les boues n'a pas les mêmes conséquences suivant l'élément chimique (tableau 8) : Cd, Cr, Fe, Ni, Mn, Mo, Hg sont absorbés de façon égale par les plantes fourragères et légumières sans augmentations notables des teneurs par rapport au témoin ; Cu et Zn sont absorbés en plus grande quantité par les plantes des deux rotations surtout quand les boues sont apportées à la dose la plus élevée (300 m<sup>3</sup>/ha/an).

d) **concernant l'utilisation agricole des boues** : depuis 1977 la totalité des boues produites par la station d'épuration de Saumur (30.000 m<sup>3</sup>) est utilisée en agriculture.

Outre l'aspect sanitaire, le devenir des métaux lourds doit faire l'objet d'un suivi très strict.

Une des conditions indispensables pour la valorisation agricole des boues est un bon suivi de la composition minérale, car elle reflète strictement la nature de l'effluent arrivant à la station d'épuration; ceci conduit à des interventions sur le réseau en vue de contrôler les rejets d'établissements industriels.

Les premiers résultats obtenus lors de ces essais montrent que des apports maîtrisés de boues peu chargées en métaux lourds, sont sans conséquence pour la composition des végétaux et des sols, tout en constituant une fertilisation satisfaisante en azote. Il est cependant nécessaire de continuer à suivre ces essais pour pouvoir mettre en évidence des éventuels effets d'accumulation. A l'heure actuelle, les résultats confortent le choix judicieux du District Urbain de Saumur pour la filière de valorisation agricole des boues.

---

## SUMMARY

### SEWAGE SLUDGE APPLICATIONS TO A SANDY SOIL WITH FORAGE OR VEGETABLE CROPS SUCCESSION IN THE SAUMUR AREA

*Among the possibilities of elimination of sewage sludge, the agricultural use is conformed by the presence of nutrient elements. It is then necessary to know the composition and the effects of sludge on soils and crops. In this purpose, a field experiment has been conducted in the Saumur area with the following conditions: supply of three sludge rates 0 - 150 - 300 m<sup>3</sup>/ha (table 2) to a sandy soil (table 1) with two different crops succession (forage: maize forage and italian ryegrass; vegetable: spring lettuce and red beet). After four sludge supplies, the consequences for the soil and the chemical content of crops are the following in regard to:*

— *the soil: the carbone and nitrogen balances become positive (table 5); the concentrations of some minor elements (Cu-Zn) and heavy metal (Cd, Ni, Pb) are increased, chiefly with the highest sludge rate (table 4);*

— *the crops yields: a light phytotoxic effect appears when a depressiv effect of the highest sludge rate is notable because of an unfavourable soil structure (table 6-7);*

— *the crops quality (table 8): changes in chemical content are different according to the elements: an increase for N, Na, Cu, Zn; decrease for P, which is corroborated by previous results; no difference in the contents of the other determined elements.*

*Those first results obtained after four sludge supplies show that a sewage, sludge with few heavy metals can be used with rates not up to 15 m<sup>3</sup>/ha/year (7 T/ha/year DM) in forage or vegetable crops succession.*

---

## Bibliographie

- DUDAS M.J., PAWLUK S. (1975). — Trace elements in sewage sludges and metal uptake by plants grown on sludge-amended soil. *Can. J. Soil Sci.*, 55 (2), 239-243.
- JUSTE C., SOLDA P. (1977). — Effets d'applications massives de boues de stations d'épuration urbaines en monoculture de maïs : actions sur le rendement et la composition des plantes et sur quelques caractéristiques du sol. *Science du Sol, Bulletin de l'A.F.E.S.* n° 3, 147-155.
- JUSTE C., SOLDA P. (1980). — Effets de l'application massive de boue à très forte charge en cadmium et en nickel sur des cultures de maïs et de laitue. *Second European Symposium on characterization treatment and use of sewage sludge. Vienne (Autriche), 20-24 octobre, 718-728.*
- KELLING K.-A., PETERSON A.-E., WALSH L.-M., RYAN J.-A., KEENEY D.-R. (1977). — A field study of the agricultural use of sewage sludge : I. Effect on crop yield and uptake of N and P, *J. Environ. Qual.*, 6 (4) 339-334. II. Effect on soil N and P, *J. Environ. Qual.*, 6 (4) 345-352. III. Effect on uptake and extractability of sludge-borne metals, *J. Environ. Qual.*, 6 (4) 352-358.
- KORCAK R.-F., GOUIN F.-R., FANNING D.-S. (1979). — Metal content of plants and soils in a tree nursery treated with composted sludge. *J. Environ. Qual.*, 8 (1), 63-68.
- POMMEL B. (1979). — Comparaison de l'utilisation par le maïs du phosphore des boues résiduaires ou du phosphate monocalcique pour différents niveaux de zinc et de fer dans le substrat. *Ann. agron.*, 30 (5), 443-453.
- SABEY B.-R., HART W.-E. (1975). — Land application of sewage sludge: I. Effect on growth and chemical composition of plants. *J. Environ. Qual.*, 4 (2), 252-255.