

# Propriétés physiques des sols et pouvoir colmatant des eaux usées en fonction de leur degré de traitement

Naceur DJEDIDI (1) et Abdennaceur HASSEN (2)

(1) INRST, Centre des sciences et technique de l'eau  
(2) BP 95, Hammam-Lif, Tunisie

## RÉSUMÉ

*Cet article traite des effets de la teneur en matières en suspension (M.E.S.) sur l'infiltration des eaux usées dans le sol sous le seul angle du colmatage physique.*

*Nous avons utilisé des eaux usées à la sortie d'un décanteur primaire (M.E.S. 30 à 50 mg.l<sup>-1</sup> ; l'eau potable (M.E.S. = 0) étant prise comme référence.*

*Nous avons mesuré dans une première phase le pouvoir colmatant de ces eaux sur des modèles simples représentés par des filtres millipores, dont les pores varient de 0,8 à 180 µm, des billes de verre de 120 à 500 µm de diamètre et des sables grossiers de 400 à 500 µm de diamètre. Puis dans une deuxième phase, nous avons testé le pouvoir colmatant sur des sols de teneur en argile et de perméabilité de départ variables.*

*Nous avons exprimé, pour les 27 couples du rapport qualité d'eau/milieu poreux étudié, le volume infiltré en fonction du temps par une relation de type  $\log v = a \log t + b$ .*

*Les résultats obtenus montrent que le colmatage augmente parallèlement à la diminution de diamètre du matériau filtrant, et à la diminution de perméabilité des sols. C'est ainsi que pour une qualité d'eau donnée, les paramètres a et b augmentent parallèlement avec la taille des particules et pour un milieu poreux donné, le volume infiltré v diminue quand la charge en M.E.S. augmente.*

*Le colmatage se fait en surface dans le cas des sols à texture fine et en profondeur pour les matériaux qui sont plus sableux.*

**MOTS CLÉS :** Eaux usées – Matières en suspension – Filtration – Colmatage physique.

## ABSTRACT

### SOILS PHYSICAL PROPERTIES AND WASTEWATER CLOGGING POWER IN RELATION WITH THEIR DEGREES OF TREATMENT

*The effect of suspended particles amounts in wastewater infiltration in soil, when only physical clogging is considered, is presented in this paper. Wastewater from a primary decanter exit (S.S. 30 to 50 mg.l<sup>-1</sup>) and from a secondary decanter exit (S.S. 10 to 30 mg.l<sup>-1</sup>) were tested. Drinking water (S.S. 0 mg.l<sup>-1</sup>) was a reference.*

*The obstructing power of these waters in simple models represented by multiporous filters of diameter ranging from 0.8 to 180 µm, glass balls of diameter to 120 to 500 µm and rough sand of diameter 400 to 500 µm was measured.*

*The obstructing power on soils of variable clay content and with different initial permeabilities was then tested.*

*The volume of filtered water (v) as a fonction of time, expressed for the 27 couples (water quality/porous medium studie) was found to be :  $\log v = a \log t + b$ .*

*The results show that for a given water quality, the parameters "a" and "b" increase with particle size and for a given porous medium the volume v decreases with the load of these suspended particles.*

*Obstructing phenomena occur at the surface for soils and materials of very closed texture and deep down for these materials of open texture.*

KEY WORDS : Wastewater – Suspended Solid – Filtration – Physical clogging.

## INTRODUCTION

L'utilisation des eaux usées en agriculture a pour but la valorisation de l'eau et des éléments nutritifs qu'elles contiennent par une production agricole. Cependant ces eaux usées destinées à l'irrigation doivent répondre aux exigences de qualité requise. L'irrigation par des eaux résiduaires peut avoir des incidences sur les propriétés physiques des sols en raison des apports de matières dissoutes ou en suspension, et de micro-organismes. L'une des conséquences les plus néfastes de l'irrigation par les eaux usées sur les propriétés physiques du sol est l'apparition du phénomène de colmatage qui diminue la perméabilité et peut engendrer à terme des conditions anaérobies.

Le phénomène de colmatage se présente sous trois formes : physique (Mc GAUHEY et NINNEBERGER, 1964 ; DE VRIES, 1972 ; POUNDS et CRITES, 1973 ; BOUWER, 1974 ; Agence financière de bassin Rhône-Méditerranée-Corse, 1979 ; CHABOUNI, 1986 ; RABHI, 1988), biologique (WOOD et BASSET, 1975) et chimique (BOUMA J. ZIEBELL *et al.*, 1972).

Le colmatage physique est conditionné par les paramètres physiques du sol tels que la texture, la structure, la nature du sol. Le colmatage chimique est généralement dû au phénomène de déflocculation des argiles provoqué par la présence des ions Na<sup>+</sup>, tandis que le colmatage biologique est causé par accumulation diverse de matières organiques, de colloïdes minéraux et surtout de micro-organismes, provoquant ainsi la destruction de la structure du sol (BOUMA J. ZIEBELL *et al.*, 1972 ; FRANKENBERGER *et al.*, 1979).

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés au colmatage physique des sols en tenant compte de la teneur en M.E.S. des eaux usées prélevées à différents stades de traitement, de la vitesse de filtration et des caractéristiques des matériaux utilisés, ce qui nous a amenés à définir un essai de laboratoire d'exécution simple et rapide qui permet de prévoir le pouvoir colmatant d'un sol par l'effluent étudié.

## MATÉRIEL

### Eaux utilisées

Nous avons utilisé deux types d'eaux, dont les principales caractéristiques sont regroupées dans le

tableau I : une résiduaire recueillie à la sortie d'un décanteur primaire et une autre à la sortie d'un

TABLEAU I  
Caractéristiques des eaux utilisées  
Paramètres chimiques donnés en mg.l<sup>-1</sup>  
*Characteristics of used waters  
Chemical parameters (mg.l<sup>-1</sup>)*

Caractères	EAU DE SORTIE DU DECANTEUR	
	PRIMAIRE	SECONDAIRE
pH	7,85	7,45
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	739	720
DOO	92	32
DBO5	32	5
MES	44	10
NTK	17,5	14
NH4	13,5	13,1
NO2	0,1	0,1
NO3	1,85	0,45
Cu	0,04	<0,01
Cr	<0,01	<0,01
Mn	0,06	0,06
Zn	0,24	0,06
Ni	<0,05	<0,05
Pb	<0,05	<0,05
Cd	<0,01	<0,05
Co	<0,05	<0,01
Fe	0,55	0,05

décanteur secondaire. Ces deux types d'eaux sont prélevés dans une station de traitement biologique à boues activées des eaux usées urbaines. Les qualités de ces eaux utilisées se trouvent habituellement dans les normes de salinité et de teneurs en métaux déterminées respectivement par MARESCA (1979) et JUSTE (1976). L'eau de ville a été utilisée comme référence.

### Filtres, membranes et matériaux granulaires

Pour le modèle simple, nous avons utilisé deux types de membrane et de filtre dont chacun présente des variantes de porosité, résumées dans le tableau II ; deux types de matériaux granulaires, deux sables grossiers de 0,40 à 0,55 mm de diamètre et des billes de verre de 120, 400 et 500  $\mu\text{m}$  de diamètre.

### Sols

Quatre types de sols ont été utilisés ; sol de la

Soukra (So), deux sols de Draa Tammar-Kairouan, l'un sableux sous olivier (K ol), l'autre bas-fond (K or) et un brun lessivé (BL). Les caractéristiques de ces sols sont présentées dans le tableau III.

## MÉTHODES

### Méthode de détermination du pouvoir colmatant Beaudrey (C<sub>B</sub>)

La seule mesure de la turbidité ne permet pas d'apprécier la totalité de la charge en M.E.S. d'une eau résiduaire ; la détermination du pouvoir colmatant donne une indication supplémentaire concernant cette charge. Le pouvoir colmatant déterminé par la méthode de Beaudrey (AFNOR, 1973) est donné par l'équation :

$$C_B = \frac{1\ 000}{W_m} = \frac{1\ 000}{V14} \times (D_0 - D)$$

TABLEAU II  
Caractéristiques des membranes et des filtres utilisés  
*Characteristics of used membranes and filters*

Membranes ou filtres	Porosité en µm
Millipores en fibres de verre	20-50
Sartorius en acétate de cellulose	0,8
Durieux 129	5
111	5-10
Filtres 20	55
Intissel 35	35
50	35
GB 80	80
GB 180	180

TABLEAU III  
Caractéristiques des sols utilisés  
*Characteristics of soils*

Caractéristiques	Sols	Soukra	Kairouan olivier	Kairouan orge	Brun lessivé
Granulométrie en %	A	3,41	10,1	19,7	24,7
	LF	0,16	4,67	18,8	37,5
	LG	0,17	1,33	11,3	16,2
	SF	49,9	33,4	39,6	4,94
	SG	44	46	2,2	13
Humidité équivalente en %		19,19	20,86	31,56	32,66
Perméabilité en m s <sup>-1</sup>		2,646*10 <sup>-4</sup>	8,492*10 <sup>-5</sup>	1,961*10 <sup>-6</sup>	1,994*10 <sup>-6</sup>
pH eau		8	7	7	8
C E 25 °C		0,4	0,6	11	
Anions en mmol L <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup>	2,1	4,2	94	3
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,85	0,17	15,1	
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,5	1,8	1,7	
Cations en mmol L <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup>	2,45	3,75	30,5	16
	Mg <sup>2+</sup>	0,65	0,5	7,75	1,1
	K <sup>+</sup>	0,2	0,3	1,6	0,8
	Na <sup>+</sup>	1,02	1,4	77	0,37

où W<sub>m</sub> = volume limite qui serait réalisé si la toile métallique avait le débit original de 14 cm<sup>3</sup>.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> ;

D<sub>0</sub> = le débit initial suivant lequel cette eau traverse le colmatomètre ;

D = le débit momentané lorsqu'un volume v est déjà passé à travers le colmatomètre.

La méthode est basée sur le principe suivant : lorsqu'une eau ne contenant aucune matière en suspen-

sion traverse sous charge hydraulique constante une toile filtrante, son débit est constant, et les volumes recueillis sont proportionnels au temps de passage. S'il s'agit d'eau chargée en matières en suspension, le volume qui assure le colmatage de la toile est la limite vers laquelle tend asymptotiquement le volume filtré. C'est le « volume limite ». L'inverse de ce volume est appelé le pouvoir colmatant.

L'équation précédente a été traduite dans des abaques (au nombre de 3) qui permettent sans calcul de déterminer le pouvoir colmatant d'une eau.

### Méthode de millipore pour la détermination du pouvoir colmatant des membranes et des filtres

Certains auteurs préfèrent parler de pouvoir encrassant d'une eau, lorsqu'on a affaire à des membranes et à des filtres plutôt que de pouvoir colmatant. Il s'agit de mesurer le temps requis pour le passage de 500 ml d'effluent à travers le filtre sous pression constante. On note  $t_1$  et  $t_2$ , respectivement les temps d'une première puis d'une seconde infiltration de 500 ml, séparées d'un espace de 15 min. La pression d'utilisation  $P$  correspond à une contre-pression peu différente de la pression atmosphérique. On détermine le pouvoir encrassant à la pression d'utilisation  $P = 18$  cm d'eau, exprimé en pourcentage de l'eau brute, en utilisant un abaque ( $\% P$ ,  $R_T$ ). Cet abaque donne le  $\% P_p$  en fonction des rapports :  $t_1/t_2 = R_t$  et  $P_o/P_f = R_p$ .

$R_t$  : rapport du temps des deux écoulements ;

$R_p$  : rapport de pression ( $P_o$  = pression initiale et  $P_f$  = pression à la fin de la filtration).

Pour la mesure, on a  $P_o = P_f$  puisqu'on travaille à pression constante  $P$  ( $P = 18$  cm d'eau).

### Méthode de mesure de la vitesse de filtration dans la masse d'un lit granulaire

Le lit de matériau granulaire (sable, billes de verre ou sols), de hauteur  $h$  dans une colonne de verre, est soumis à une charge hydraulique constante (milieu saturé). Pendant une heure de filtration le volume recueilli dépend de l'effluent et du matériau granulaire utilisé. On répète la même manipulation avec les sols en milieu non saturé en utilisant le système de goutte à goutte.

## RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

### Mesure du pouvoir colmatant des eaux par la méthode de Beaudrey

Selon les normes de Beaudrey, on a 3 types d'eaux :

- eaux colmatantes ( $C_B > 0,7$ ) ;
- eaux peu colmatantes ( $0,1 < C_B < 0,7$ ) ;
- eaux très peu colmatantes ( $C_B < 0,1$ ).

L'examen des résultats obtenus montre que les deux types d'effluents utilisés, l'eau prélevée à la sortie du décanteur primaire et celle prélevée à la sortie du décanteur secondaire, sont des eaux colmatantes, leur pouvoir colmatant étant supérieur à 0,7. L'eau à la sortie du décanteur primaire est plus colmatante ( $C_B = 13$ ), car elle est plus chargée en matières en suspension que la deuxième ( $C_B = 7$ ).

### Mesure du colmatage des membranes et des filtres

Les résultats du tableau IV nous permettent de déduire que le pouvoir colmatant  $P_p$  à la pression d'utilisation (18 cm d'eau) dépend de deux facteurs : l'effluent utilisé et la porosité du filtre ou de la membrane. Plus la porosité du filtre est faible, plus le pouvoir colmatant  $P_p$  est important et dépendant de la charge de l'effluent en matières en suspension. L'eau à la sortie du décanteur primaire a un pouvoir colmatant élevé par rapport à celui de l'eau à la sortie du décanteur secondaire. On conclut qu'à partir d'une ouverture de pores (filtre et membrane) inférieure à 35  $\mu\text{m}$ , le colmatage est instantané bien qu'on travaille sous pression.

### Filtration dans la masse

On a suivi la filtration de l'eau utilisée en relevant le volume recueilli en fonction du temps pendant une heure. La représentation du volume, en fonction du temps pour le matériau granulaire et les types de sols utilisés, permet de remarquer qu'avec l'eau propre il n'y a pas de colmatage et que le volume est proportionnel au temps de passage. Avec les eaux usées le volume n'est plus proportionnel au temps de passage, ce qui confirme la réduction de la porosité par accumulation des particules solides en suspension, le phénomène est d'autant plus important que le volume d'eau écoulé est grand. C'est ainsi que le débit d'écoulement diminue avec le temps à la suite du colmatage progressif du système filtrant.

Pour déterminer une relation entre le type d'eau et le matériau utilisé, il est plus commode de représenter le débit instantané en fonction du volume  $dv/dt = f(v)$  et le logarithme du volume en fonction du temps  $\log v = f(\log t)$ , car la représentation  $v = f(t)$  ne donne pas une fonction linéaire. La représentation  $dv/dt = f(v)$  et  $\log v = f(\log t)$  donne un nuage de points.

Les équations des droites de régression ont été calculées à partir des nuages de points à l'aide de la méthode de moindres carrés. Les équations obtenues, ainsi que les coefficients de corrélation correspondant sont regroupés dans les tableaux V et VI respectivement pour  $dv/dt = f(t)$  et  $\log v = f(\log t)$ .

TABLEAU IV

Mesure du pouvoir colmatant de l'eau par la méthode de millipore sur les différents types de filtre et de membrane.

% P<sub>p</sub> : la valeur moyenne du pouvoir colmatant à la même pression d'utilisation

- chaque point indique une dilution de cinq fois
- : pas de résultat avec l'eau, même diluée 20 fois

Measurement of water clogging power by multiporous method with different filter and membrane types

% P<sub>p</sub> : mean value of the clogging power, with a same pressure

- each point indicates a 1:5 dilution
- : no effect with water diluted 1:20

Filtres et membranes % P <sub>p</sub>		EAU PRIMAIRE	EAU SECONDAIRE
MILLIPORE		..	
en fibre de verre		400	34,6
SARTORIUS			
acétate de cellulose		-	244,5
DURIEUX		....	
N° 129			
papier filtre		987	77
N° 111		..	
		434	26,9
INTISSEL			
filtre			
20		12,9	0
35		33	2,5
50		41	30
GB 80		0	0
GB 180		0	0

*Relation entre le débit instantané et le volume cumulé à l'instant t*

La détermination de la relation entre le débit instantané, pente de la courbe  $v = f(t)$  à chaque instant  $t$ , et le volume cumulé à l'instant  $t$  se fait à partir de la droite de régression linéaire  $y = ax + b$  avec  $y = dv/dt$  et  $x = v$ ,  $dv/dt = av + b$ . La résolution de cette équation différentielle aboutit à  $v = \exp(at) - b/a$ .

D'après le tableau V, la pente de la droite  $a$  est négative, ce qui est normal puisque la vitesse instantanée de transfert diminue au fur et à mesure que  $v$  augmente. Cette pente est d'autant plus faible que le diamètre de matériau granulaire est faible (sable, billes de verre), il en est de même pour le type de sol riche en sable (So, Kol). De même, on constate que le débit instantané diminue avec le diamètre de matériau granulaire. Cette diminution est due au colmatage qui augmente avec le temps. Pour le sol Kairouan orge (K or) et le sol brun lessivé (BL), on n'a pas de différence significative entre les débits instantanés en milieux saturé et non saturé. Ceci est dû essentiellement à la faible perméabilité des deux sols.

Dans la représentation graphique  $dv/dt = f(v)$  (fig. 1), on constate qu'il y a des écarts entre les points et les droites tracées à partir des équations déterminées par la méthode des moindres carrés. Ces écarts sont surtout importants pour les matériaux granulaires de fort diamètre et pour les sols riches en sable (So, K ol).

Ils peuvent être dus à la migration des matières en suspension dans la masse du milieu poreux, comme ils peuvent découler aussi des erreurs commises en calculant  $dv/dt$  à partir de la courbe  $v = f(t)$ .

*Relation entre le logarithme du volume et le logarithme du temps*

La représentation  $\log v = f(t)$  nous permet d'obtenir une droite à partir de laquelle on détermine l'équation de la fonction d'origine  $v = f(t)$ . La transformation de l'équation  $\log v = a \log t + b$  équivaut en écriture exponentielle à  $v = k \exp(ta)$ ,  $a$  étant la pente de la droite et cette équation caractérise le couple eau-milieu poreux (tabl. VI). Ainsi, on a plusieurs coefficients numériques  $a$  qui caractérisent le couple. Tant que le temps augmente,  $a$  et  $v$  diminuent. Le coefficient  $a$  augmente parallèlement à la granulométrie du milieu poreux, ce qui confirme la remarque précédente faite par la relation  $dv/dt = f(t)$ . Pour les deux types de sols BL et K or, on n'a pas de différence significative entre les coefficients  $a$  et  $b$  obtenus en milieu saturé et en milieu non saturé. Ceci est dû au colmatage rapide des sols et au passage rapide du milieu non saturé au milieu saturé. Pour les sols So et K ol, la différence est significative.

En outre, l'ordonnée à l'origine  $b$  croît en même temps que le diamètre du matériau utilisé et la richesse du sol en sable (So et K ol).

TABLEAU V

Équations déterminées par la méthode des moindres carrés du débit instantané en fonction du volume  
 $Y = dv/dt$  et  $X = v$  avec  $y$  en  $cm^3 s^{-1}$  et  $x$  en  $cm^3$

Equations of instantaneous discharge in terms of volume, determined by least squares method  
 $Y = dv/dt$  and  $X = v$  with  $y$  in  $cm^3 s^{-1}$  and  $x$  in  $cm^3$

		EAU DE SORTIE DU DECANTEUR			
		PRIMAIRE		SECONDAIRE	
Matériau granulaire		Equation de régression	r	Equation de régression	r
Sable	0,55 mm ø	$y = -2,16 \cdot 10^{-3}x + 4,360$	0,99	$y = -8,597 \cdot 10^{-4}x + 6,689$	0,97
	0,40 mm ø	$y = -1,569 \cdot 10^{-3}x + 2,081$	0,98	$y = -9,939 \cdot 10^{-4}x + 1,994$	0,99
Bille de verre	120 µm ø	$y = -2,969 \cdot 10^{-3}x + 0,349$	0,99	$y = -4,042 \cdot 10^{-4}x + 0,375$	0,94
	400 µm ø	$y = -2,308 \cdot 10^{-3}x + 2,016$	0,75	$y = -1,298 \cdot 10^{-3}x + 4,121$	0,99
	500 µm ø	$y = -4,204 \cdot 10^{-3}x + 6,452$	1	$y = -5,110 \cdot 10^{-4}x + 6,659$	0,99
<b>Type de sol</b>					
Soukra	saturé	$y = -7,860 \cdot 10^{-4}x + 0,413$	1	$y = -9,148 \cdot 10^{-5}x + 0,896$	0,99
	non saturé	$y = -6,779 \cdot 10^{-4}x + 0,037$	1	$y = -1,187 \cdot 10^{-5}x + 0,052$	0,99
Kairouan olivier	saturé	$y = -5,483 \cdot 10^{-4}x + 0,195$	0,96	$y = -3,769 \cdot 10^{-5}x + 0,134$	0,91
	non saturé	$y = -4,751 \cdot 10^{-4}x + 0,023$	1	$y = -1,929 \cdot 10^{-4}x + 0,048$	1
Kairouan orge	saturé	$y = -2,852 \cdot 10^{-4}x + 6,758 \cdot 10^{-3}$	0,99	$y = -2,490 \cdot 10^{-4}x + 7,409 \cdot 10^{-3}$	0,65
	non saturé	$y = -9,504 \cdot 10^{-5}x + 5,702 \cdot 10^{-3}$	1	$y = -5,971 \cdot 10^{-5}x + 5,971 \cdot 10^{-3}$	0,56
Sol brun lessivé	saturé	$y = -1,130 \cdot 10^{-4}x + 1,235 \cdot 10^{-3}$	0,48	$y = -2,665 \cdot 10^{-5}x + 1,816 \cdot 10^{-3}$	0,69
	non saturé	$y = -3,901 \cdot 10^{-4}x + 2,106 \cdot 10^{-4}$	0,36	$y = -8,732 \cdot 10^{-6}x + 1,822 \cdot 10^{-3}$	0,87

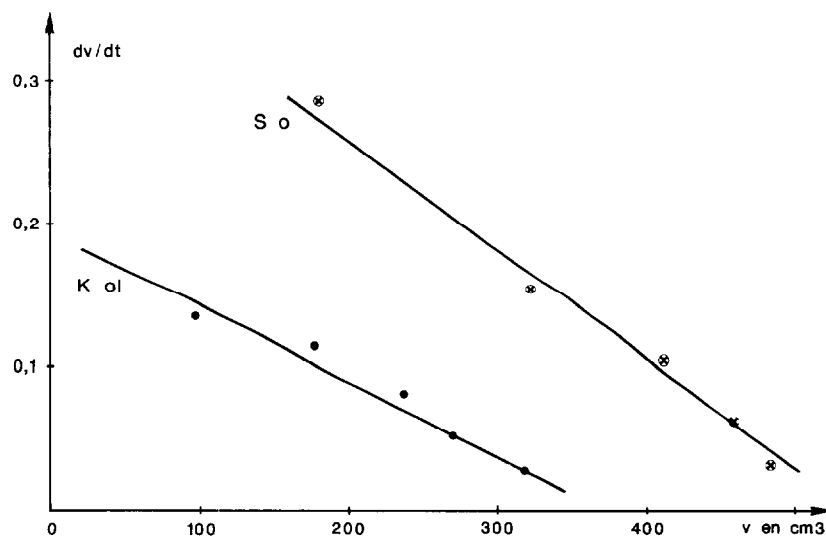


FIG. 1. – Filtration d'eau usée primaire sur sols de la Soukra (So) et du Kairouan olivier (K ol) en milieu saturé  
 Primary wastewater filtration through Soukra soils and Kairouan olivier soils, in saturated medium

TABLEAU VI

Équations déterminées par la méthode des moindres carrés du logarithme du volume en fonction du logarithme du temps  
 $y = \log v$  et  $x = \log t$

Equations of volume logarithm in terms of time logarithm, determined by least squares method  
 $y = \log v$  and  $x = \log t$

		EAU DE VILLE		EAU DE DECANTEUR PRIMAIRE		EAU DE DECANTEUR SECONDAIRE	
Matériau granulaire		Equation de régression r		Equation de régression r		Equation de régression r	
Sable	0,55 mm ø	y=1,019x+0,838	1	y=0,237x+2,512	0,92	y=0,513x+2,108	0,99
	0,40 mm ø	y=0,992x+0,516	1	y=0,327x+1,998	0,93	y=0,496x+1,586	0,97
Bille de verre	120 µm ø	y=0,987x+0,457	1	y=0,116x+1,432	1	y=0,372x+0,178	1
	400 µm ø	y=0,975x+0,801	1	y=0,183x+2,29	0,98	y=0,414x+2,079	0,97
	500 µm ø	y=0,985x+0,954	1	y=0,107x+2,834	0,89	y=0,765x+1,431	0,99
<b>Type de sol</b>							
Soukra	saturé	y=0,939x-0,109	1	y=0,419x+1,201	1	y=0,881x-0,195	1
	non saturé	-	-	y=0,101x+1,248	0,99	y=0,840x-0,704	0,95
Kairouan olivier	saturé	y=0,951x-0,722	1	y=0,678x+0,134	0,99	y=1,019x-0,792	0,99
	non saturé	-	-	y=0,521x-0,231	1	y=0,809x-0,763	1
Kairouan orge	saturé	y=0,801x-1,834	1	y=0,867x-1,863	1	y=0,898x-1,913	1
	non saturé	-	-	y=0,908x-2,009	1	y=0,874x-1,852	1
Sol brun lessivé	saturé	y=0,939x-2,475	0,99	y=1,054x-3,005	1	y=0,951x-2,570	1
	non saturé	-	-	y=0,905x-2,523	1	y=0,944x-2,544	1

Dans la représentation  $\log v = f(\log t)$ , on observe également des écarts entre les points et la droite de régression, ceci surtout pour les matériaux de diamètre supérieur, sable 0,40 et 0,55 mm et bille de verre de 500 et 400 µm de diamètre, et pour les sols So et K ol ; ceci peut être dû à la migration des fines particules de matières en suspension des eaux dans la masse du matériau granulaire et ainsi se fait le colmatage. Cette migration ne dépasse pas les 3 centimètres. Ceci rejoint l'idée citée en introduction selon laquelle la zone de colmatage est localisée essentiellement dans les premiers centimètres du sol et constituant 87 % de la résistance totale (THOMAS *et al.*, 1986), mais l'épaisseur de la zone colmatée semble dépendre du matériau et en particulier de la taille des pores (DE VRIES, 1972) ; en effet, pour les sols à texture ouverte tels que So et K ol, les fines particules peuvent migrer et provoquent le colmatage progressif, d'où la diminution de la vitesse de filtration. Pour les deux types de sol K or et BL et les billes de verre de 120 µm de diamètre, les matières en suspension provoquent le colmatage à la surface du lit. Ainsi, on peut dire que le colmatage physique est un phénomène essentiellement mécanique, le diamètre et la forme des pores, conditionnés par la texture et la structure du sol, commandent le procédé d'infiltration de l'eau. C'est pour ces raisons que les horizons sableux seront de

moins bons filtres que les horizons argileux, et un horizon sableux sans structure sera un filtre moins bon qu'un horizon sableux à structure pelliculaire pour une même texture.

## CONCLUSION

Cette étude basée sur le caractère colmatant de deux types d'eaux usées, issues respectivement de la sortie d'un décanteur primaire et d'un décanteur secondaire d'une station d'épuration biologique, nous a permis de dégager les points suivants :

- les eaux à la sortie des décanteurs primaire et secondaire sont des eaux colmatantes,  $C_B = 13$  et  $C_B = 7$  respectivement ;
- à partir d'une ouverture de pores inférieure à 35 µm, le colmatage est instantané bien qu'on travaille sous pression (méthode millipore) ;
- pour un milieu poreux donné, le volume d'eau infiltré diminue lorsque la charge en matières en suspension augmente ;
- le colmatage se fait en surface dans le cas des sols à texture fine, en profondeur lorsque les matériaux sont plus sableux à la suite de la migration de matières en suspension ;
- afin de mieux prévoir le pouvoir colmatant d'un effluent vis-à-vis d'un matériel poreux donné, il est

important de faire le test de Beaudrey pour caractériser le type d'eau, puis de faire l'essai sur une colonne de

matériel poreux étudié pour déterminer la vitesse de filtration et la progression de colmatage.

## BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, 1973. – Essais des eaux, détermination du pouvoir colmatant, T 90-30.
- Agence financière de bassin Rhône-Méditerranée-Corse, 1979. – Possibilités d'épandage des eaux usées urbaines - Étude bibliographie.
- BOUWER (H.), 1974. – Infiltration-percolation systems, symposium on land application of waste water, University of Delaware, New York.
- BOUMA J. ZIEBELL (W.A.), OLCOTT (P.G.), Mc COYLE (E.) et HOLE (F.D.), 1972. – Soil absorption of septic tank effluent, Information, circulaire n° 20, University of Wisconsin, Extension-Geological and Natural history survey, 255 p.
- CHABOUNI (Z.), 1986. – Caractéristiques physiques des sols et leur évolution sous l'effet d'apport d'eau usée et de boues résiduaires (cas de station de Soukra et Oued Souhil), Séminaire maghrébin sur la réutilisation des eaux usées après traitement en agriculture ; Tunis 23-27.
- DE VRIES (J.), 1972. – Soil infiltration of waste water effluent and the mechanism of pore clogging, *J.W.P.C.F.*, 36, 565-575.
- FRANKENBERGER (W.J. Jr.), TROC (F.R.) et DUMENIL (L.C.), 1979. – Bacterial effects a hydraulic conductivity of soils, *Soil Sci. Soc. An. J.*, 43, 333-338.
- JUSTE (C.), 1976. – Valorisation des boues résiduaires, Cours international d'épuration, Ircha, 30 nov., 3 déc.
- MARESCA (B.), 1979. – L'épandage des eaux usées, Manuel de recommandation technique.
- Mc GAUHEY (P.H.) et NINNEBERGER (J.H.), 1964. – Studies of the failure of septic tank percolation systems, *J.W.P.C.F.*, 593-606.
- POUNDS (C.E.) et CRITES (R.W.), 1973. – Waste water treatment and reuse by land application, Epa. 660/2-73-606, Usepa.
- RABHI (M.), 1988. – La réutilisation des eaux usées - Infiltration-Percolation sur sable - Recherche des conditions de dénitrification, Mémoire de fin d'étude de cycle de spécialisation, Ina Tunis.
- THOMAS (R.E.), SCHWARTZ (W.A.) et BENDIXEN (J.W.), 1986. – Soil chemical changes and infiltration rate reduction under sewage spreading ; *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 30, 641-646.
- WOOD (W.), BASSET. 1975. – Water quality changes related to the developpement of aerobic conditions during artificiels recharge. *Wat. Res.* 553-558.