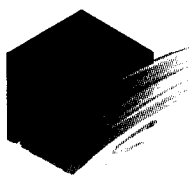




18209-2 RM

ETUDE
SCIENTIFIQUES
N° 8



Agences de l'Eau



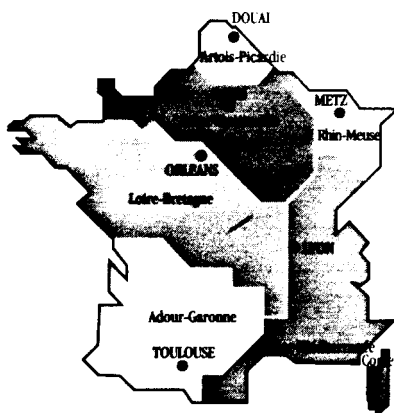
INFLUENCE GRANULOMETRIE DU MATERIAU FILTRANT EN EPURATION PAR INFILTRATION-PERCOATION

INFLUENCE DE LA GRANULOMETRIE DU MATERIAU FILTRANT EN EPURATION PAR INFILTRATION-PERCOLATION

DOCUMENT



n° 1809



*Document réalisé sous la direction des Agences de l'Eau
et du Ministère de l'Environnement.*

*Chargé d'étude : BURGEAP
70, rue Mademoiselle
75015 PARIS*

*Prix : 100 F
1992*

	Pages
INTRODUCTION	
TERMINOLOGIE	
CHAPITRE 1 :	
DISPOSITIF ET TECHNIQUES EXPERIMENTALES	
1. 1- DESCRIPTION DES PILOTES,	4
1 . 1 . 1- Description d'une colonne	4
I.1.2- Description de l'installation complète	5
I.2- ALIMENTATION DES COLONNES	6
I.3- ANALYSES EFFECTUEES	6
1.3. 1- Analyse des sables	6
I.3.2- Analyse du comportement hydraulique des massifs filtrants	7
I.3.3- Etude des performances épuratoires	7
CHAPITRE II : CARACTERISATION DES SABLES CHOISIS	
II. 1- SABLE DE LIMOGNES	9
II. 1. 1- Aspect - Origine	9
II. 1.2- Granulométrie et minéralogie	9
II. 1.3- Forme des grains de sable	9
II.1.4- Perméabilité de DARCY	9
II. 2- SABLE DE MACON	11
II. 2. 1- Aspect - Origine	11
II. 2.2- Granulométrie et minéralogie	11
II.2.3- Forme des grains	11
II. 2.4- Perméabilité de DARCY	11
II.3- SABLE DE CREANCES	13
II . 3.1- Aspect - Origine	13
II. 3.2- Granulométrie et minéralogie	13
II.3.3- Forme des grains	13
II . 3.4- Perméabilité de DARCY	13
II.4- SABLE DE CHAMOUILLE	15

II. 4. 1-	Aspect - Origine	15
II. 4.2-	Granulométrie et minéralogie	15
II.4.3-	Forme des grains	17
II .4.4-	Perméabilité de DARCY	17
II. 5-	CONCLUSIONS	18
 CHAPITRE III : ETUDE HYDRAULIQUE A L'EAU POTABLE		
III.1-	CARACTERISATION DES EFFETS DE BORDS	20
III. 1. 1-	Méthodologie	20
III. 1.2-	Résultats expérimentaux et conclusions	21
III. 2-	DETERMINATION DES TEMPS DE SEJOUR MOYENS	23
III.2.1-	Importance de la notion de temps de séjour moyen	23
III. 2.2-	Méthodologie	23
III. 2.3-	Résultats et interprétation	26
 CHAPITRE IV : COMPARAISON DES QUATRE SABLES EN SEQUENCE D'ALIMENTATION CONCUE SANS PHASE DE REPOS		
IV. 1-	CONDITIONS OPERATOIRES	31
IV. 2-	SUIVI EXPERIMENTAL	33
IV.2.1-	Colmatage	33
IV. 2.2-	Evaluation des performances épuratoires	33
IV. 2.3-	Echantillonnage	33
IV. 2.4-	Fréquence des analyses	33
IV. 2.5-	Caractéristiques des effluents bruts à traiter	34
IV. 3-	RESULTATS EXPERIMENTAUX	36
IV. 3. 1-	Apparition du flaquage et du colmatage	36
IV. 3.2-	Évolution des vitesses d'infiltration	37
IV. 3.3-	Performances épuratoires	38
IV. 3.4-	Décontamination	43

CHAPITRE V :
ETUDE COMPAREE DES QUATRE SABLES EN ALIMENTATION
SEQUENTIELLE : 7 JOURS D'APPORT / 7 JOURS DE REPOS

V. 1-	ALIMENTATION DES COLONNES	45	
V. 2-	SUIVI EXPERIMENTAL	45	
	V. 2. 1-	Etude du colmatage	4
	V. 2.2-	Principaux paramètres étudiés	46
	V. 2.3-	Décontamination de l'effluent	46
V. 3-	RESULTATS EXPERIMENTAUX	46	
	V. 3.1-	Vitesses d'infiltration	46
	V. 3.2-	Temps d'apparition du flaquage	47
	V. 3.3-	Performances épuratoires	49

CHAPITRE VI :
RECHERCHE DU RYTHME OPTIMAL D'ALTERNANCE ENTRE
LES PHASES d'ALIMENTATION ET DE REPOS

VI. 1-	CONDITIONS OPERATOIRES	57	
	VI. 1. 1-	Mode d'alimentation	57
	VI. 1.2-	Suivi des colonnes	57
	VI. 1.3-	Prélèvements et analyses	58
VI. 2-	QUALITE DE L'EAU D'ENTREE	59	
VI.3-	EVOLUTION DU COLMATAGE	60	
VI.4-	SUIVI DES PERFORMANCES EPURATOIRES	65	
	VI.4.1-	Elimination des MES	65
	VI.4.2-	Elimination de la DCO	65
	VI. 4.3-	Transformation de l'azote	66
	VI.4.4-	Elimination du phosphore	68
	VI. 4.5-	Performances de décontamination	68

RESUME ET CONCLUSIONS

ANNEXES

Les procédés basés sur le pouvoir épurateur du sol sont susceptibles de constituer des solutions bien adaptées pour résoudre des problèmes spécifiques liés à des niveaux de traitement **élevés**, pour faire face à des variations de population ou pour pallier à l'absence de milieu récepteur. . .

Parmi les différentes techniques disponibles, l'infiltration-percolation en bassins est basée sur le principe d'une filtration biologique aérobie sur milieu granulaire fin (en général du sable). Les doses appliquées sont de l'ordre de quelques dizaines de centimètres.

La faible granulométrie du matériau support permet de développer une surface volumique considérable qui sera colonisée par un film bactérien épurateur. Le réacteur ainsi constitué permet, à travers cette grande surface d'échange, un contact intime entre l'effluent, l'oxygène et la biomasse.

Outre le rôle de support pour les micro-organismes, le sable participe largement à la répartition de l'eau sur l'ensemble de la plage d'infiltration car dans la plupart des stations actuellement en service l'alimentation est ponctuelle.

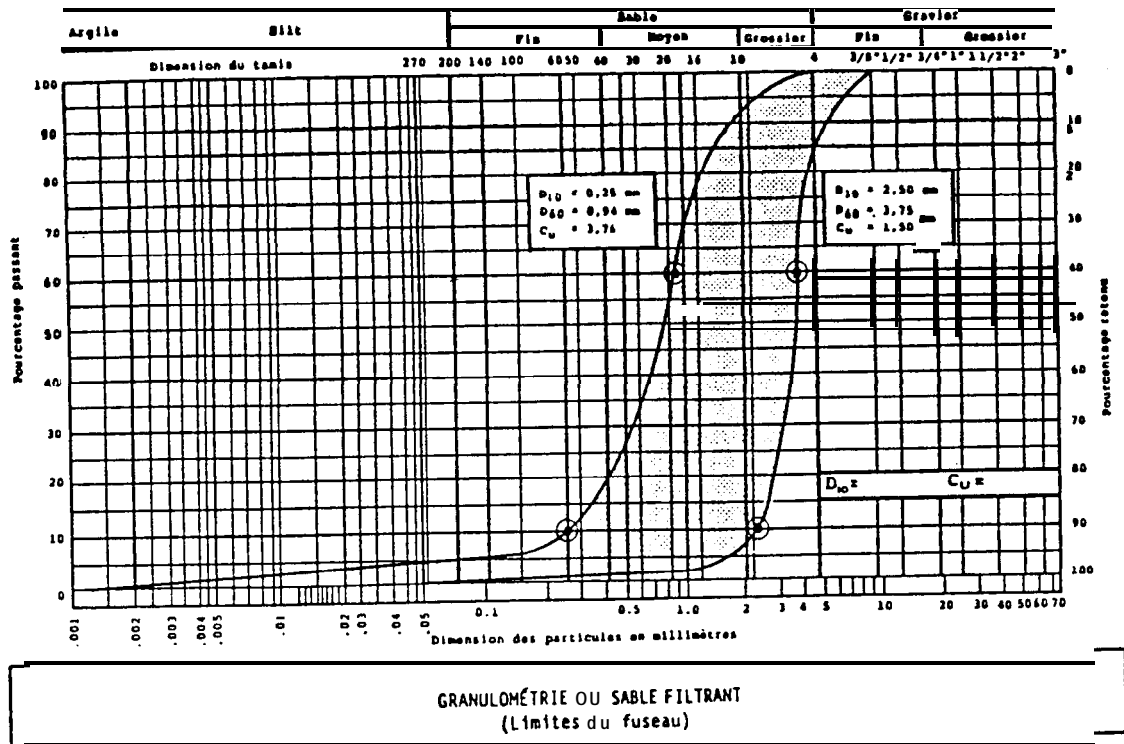
Les règles de sélection du matériau adéquat découlent du spectre granulométrique qui permet de définir le d_{10}^* , le d_{50} ainsi que le coefficient d'uniformité $CU = d_{80}/d_{10}$.

Certaines recommandations dans le choix du **granulat** restent très imprécises, c'est le cas notamment de la circulaire du 20 Août 1984 relative à l'assainissement autonome des bâtiments d'habitation en ce qui concerne la définition du matériau employé : "70 cm de sable de granulométrie comprise entre **0,25 mm** à **0,6 mm**" : s'agit-il du diamètre efficace (**d10**) ou du diamètre moyen (d50) ?

La détermination d'un fuseau granulométrique à l'intérieur duquel tout sable est réputé apte constitue sans doute une méthode de sélection simple et efficace.

* d_x = diamètre de la maille assumant le passage de $x\%$ en masse de granulat.

LA MÉTHODE UNIPIÉE (UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM)



Fuseau granulométrique des sables destinés à l'épuration des eaux résiduaires*

- * Guide technique sur la conception des installations septiques communautaires. EAT. Consultants. Société Québécoise, Assainissement des Eaux (Août 1990).

Le choix optimal d'un sable reste, en l'absence de paramètre de sélection unanimement reconnu bien difficile à réaliser.

Dans le cas d'installations situées en zone dunaire, on considère généralement que les conditions de gestion du dispositif devront s'adapter à la qualité du sable en place.

Ainsi pour des questions économiques, les bassins d'infiltration sont mis en oeuvre avec des matériaux **prélevés** localement autour du lieu d'implantation et des règles de gestion du dispositif doivent **être** édictées pour permettre, un fonctionnement fiable et efficace des bassins.

Dans cette optique, nous avons **réalisé** des essais comparatifs sur quatre sables prélevés sur des installations actuellement en fonctionnement.

Les expérimentations effectuées sur colonnes n'ont pas permis d'intégrer le rôle répartiteur en surface du sable et elles ne témoignent donc que d'un fonctionnement avec **répartition** idéale telle qu'elle est réalisée sur des opérations pilotes à **LACANAU** (rampe à pivot) ou à **PORTO VECCHIO** (aspersion).

RESUME ET CONCLUSIONS

POSITION DU PROBLEME

Le procédé par infiltration-percolation des eaux résiduaires en bassins est basé sur le principe d'une filtration biologique aérobie sur milieu granulaire fin (en général, du sable).

Pour être fiable et efficace, ces dispositifs doivent avoir une gestion assurant :

le contrôle du colmatage puisque le massif ne subit pas d'action mécanique ou chimique à coeur pour conserver des capacités d'infiltration importante ;

le maintien de conditions aérobies favorables à l'activité de la biomasse épuratrice .

Ainsi en l'état actuel des connaissances, il est prévu d'alimenter les bassins par bâchées pour utiliser l'ensemble de la surface du ht et permettre une ventilation suffisante lorsque la surface est **dénoyée**.

Des phases de mise en repos du lit sont nécessaires pour minéraliser la matière organique accumulée en surface et au sein du massif.

Le rôle du matériau support sur les consignes de gestion à adopter ainsi que les performances épuratoires restent à ce jour mal définis.

C'est pourquoi, nous avons testé sur colonnes, quatre sables mis en oeuvre sur des ouvrages actuellement en fonctionnement.

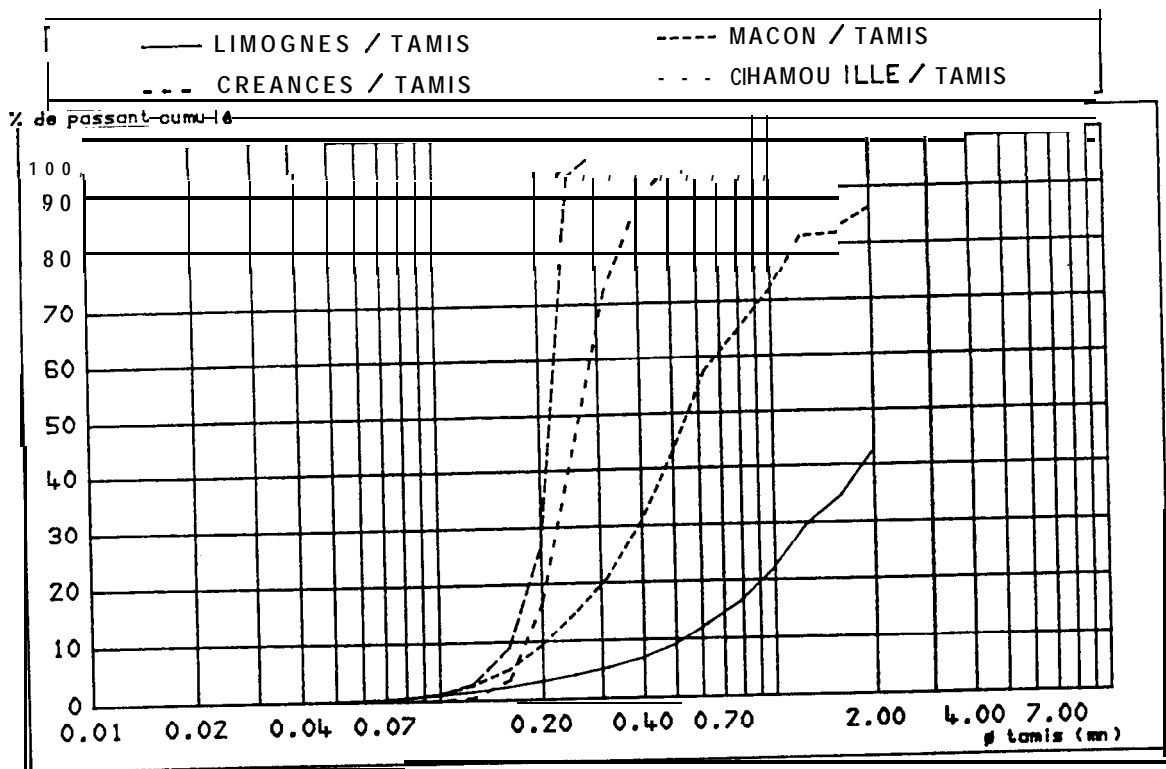
La sélection de ces matériaux s'est effectuée à partir des courbes granulométriques qui peuvent être considérées comme représentatives de la diversité des granulats utilisés en France pour ce type de traitement.

PRINCIPALES PHASE DE L'ETUDE

- Caractérisation des sables.
- Comparaison de quatre sables en séquence d'alimentation longue sans phase de repos:
- Etude comparée de quatre sables en alimentation séquentielle 7 jours d'apport / 7 jours de repos.
- Recherche du rythme optimal d'alternance entre les phases d'alimentation et de repos.

CHOIX DES MATERIAUX

Courbes granulométriques



Caractéristiques e t minéralogiques

Sable	Origine	Granulométrie		
		d_{10} mm	d_{60} mm	$Cu = \frac{d_{60}}{d_{10}}$
LIMOGNES	sable de rivière	0,50	3,00	6
MACON	sable de Seine	0,20	0,70	3,5
CREANCES	sable fin dunaire	0,18	0,29	1,60
CHAMOUILLE	sable à lapin provenance LAON (AISNE)	0,16	0,21	1,31

POURCENTAGE	MACON	CREANCES	LIMOGNES	CHAMOUILLE
quartz	84,1	76,0	58,4	100
feldspath plagioclase (albite)	-	5,9	10,4	
feldspath potassique (microcline)	4,9	5,6	10,8	
calcite	11,0	12,5	4,8	
mica			7,6	
chlorite			1,8	
pyroxène (augite)			5,8	

Composition minéralogique des 4 sables.

REMARQUES SUR LA CONSTRUCTION DE LA COURBE GRANULOMETRIQUE

La courbe granulométrique est obtenue en déterminant le pourcentage de passant (en poids) à travers une succession de tamis à maille décroissante. A partir de cette courbe, on détermine le d_{60} et le coefficient d'uniformité $CU = d_{60}/d_{10}$ qui traduit l'homogénéité de la taille des grains.

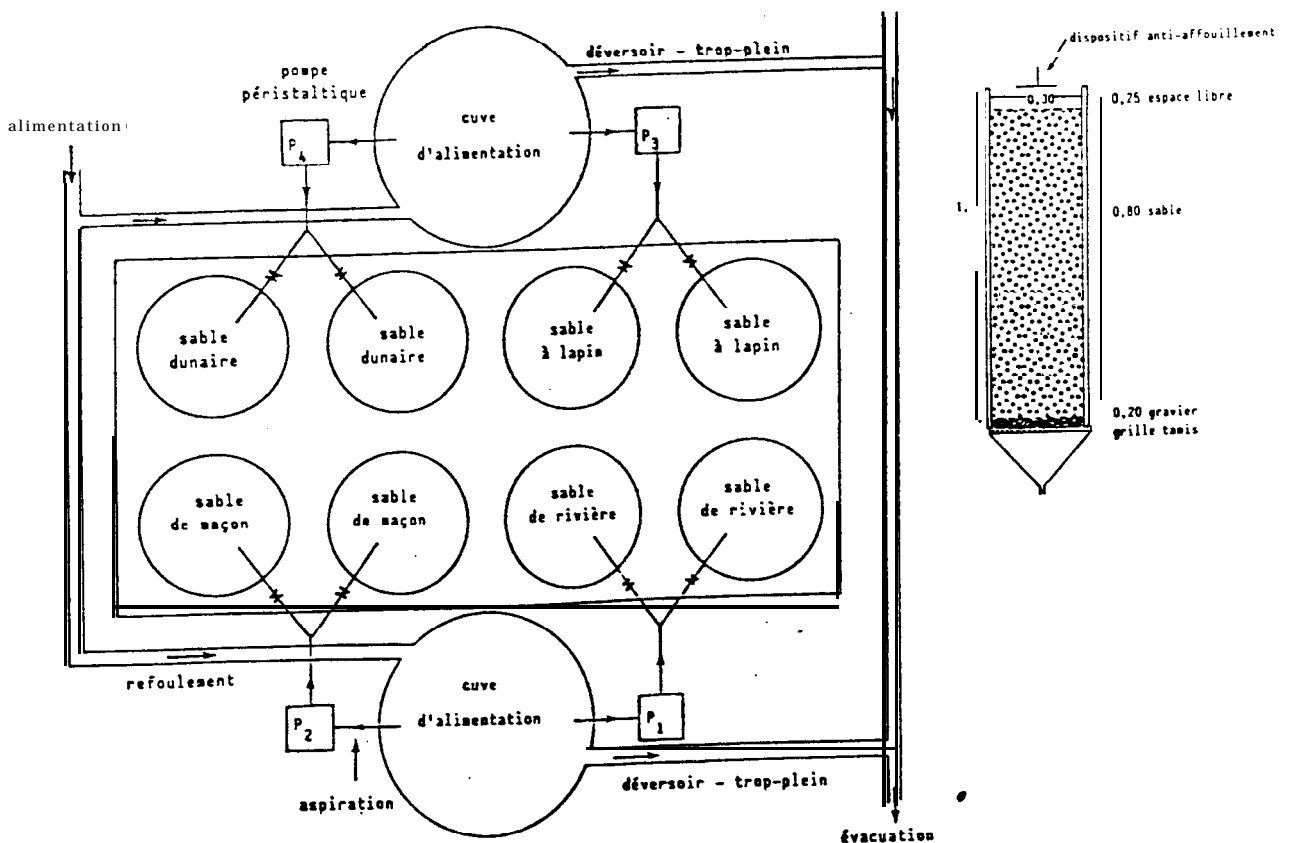
Il serait souhaitable d'adopter une méthode unifiée pour effectuer le classement granulométrique. En effet, tout précriblage visant à éliminer les particules les plus grosses (supérieures à 2 mm ou 5 mm) modifie l'allure de la courbe granulométrique, change les valeurs d_{60} et CU et rend toute comparaison impossible.

MISE EN OEUVRE DE L'ESSAI SUR COLONNES

Remarque :

Les essais sur colonnes ne prennent pas en compte le rôle de répartition qui doit être assuré, pour le matériau, sur les installations en vraie grandeur à alimentation ponctuelle.

MATERIEL



CARACTERISTIQUES DE L'EAU D'ALIMENTATION

Suivi du colmatage

Essais d'alimentation au rythme 7j/7j

MES_{moy} = 100 mg/l (10 mg/l - 290 mg/l)

DCO_{moy} = 160 mg/l (60 mg/l - 350 mg/l)

NTK = 19 mg/l (10 mg/l - 30 mg/l)

NH₄⁺ = 13 mg/l (3 mg/l - 25 mg/l)

NO₂⁻ = 0

NO₃⁻ = 1 mg/l

P_T = 4 mg/l (1,2 mg/l - 8,5 mg/l)

Recherche du rythme optimal

MES_{moy} = 250 mg/l (80 mg/l - 954 mg/l)

DCO_{moy} = 422 mg/l (128 mg/l - 1300 mg/l)

AH.- = 24 mg/l (10 mg/l - 40,8 mg/l)

P_T = 12 mg/l (3,7 mg/l - 39,3 mg/l)

ANALYSES

MES	(NF T 90-105)
DCO	(NF T 90-101)
NH ₄ ⁺	(NF T 90-015)
NO ₃ ⁻ (sauf en entrée)	(NF T 90-012)
Phosphore total	(NF T 90-023)
germes (dénombrement des streptocoques fécaux et des coliformes fécaux)	(NF T 90-416)

DOSES APPLIQUEES

Les doses appliquées correspondent à 3 bâchées de 10 cm espacées de 8 heures soit 30 cm/j. Des essais de temps de séjour ont été effectués sur la base de 60 cm/j : 6 bâchées de 10 cm espacées de 4 heures) .

RESULTATS

- Détermination de la perméabilité et du temps de séjour

	Origine	Granulométrie			Perméabilité (m/s)	Temps séjour moyen (heure) (30 cm/j en 3 bâchées espacées de 8 heures)
		d ₁₀ mm	d ₆₀ mm	Cu = $\frac{d_{60}}{d_{10}}$		
LIMOGNES	sable de rivière	0,50	3,00	6	$3,9 \cdot 10^{-4}$	15
MACON	sable de Seine	0,20	0,70	3,5	$2,38 \cdot 10^{-4}$	15
CREANCES	sable fin dunaire	0,18	0,29	1,60	$1,91 \cdot 10^{-4}$	20
CHAMOUILLE	sable a lapin provenance LAON (AISNE)	0,16	0,21	1,31	$3,21 \cdot 10^{-5}$	32

COLMATAGE ET RECHERCHE D'UN RYTHME D'ALIMENTATION ADAPTE

Les essais effectués sans période de repos ont permis de déterminer la durée maximale d'alimentation d'un cycle (eau d'alimentation : MES = 100 mg/l, DCO = 160 mg/l).

LIMOGNES	12 j
MACON	6 j
CREANCES	3 j
CHAMOUILLE	2-16 j

Les deux colonnes remplies avec du sable de CHAMOUILLE se sont comportées de manière très différentes.

Selon ces **considérations**, seul le sable de LIMOGNES peut être alimenté plus d'une semaine avant de procéder à la phase de repos.

Des essais ont cependant été poursuivis au rythme de 7 j d'alimentation / 7 j de repos. Excepté pour le sable de LIMOGNES, tous les autres matériaux atteignent en 3 jours une vitesse **d'infiltration** inférieure ou égale à **1,25 cm/h** ce qui constitue la vitesse limite provoquant un **flaquage** entre deux bâchées.

Au cours des cycles, le nombre de bâchées applicables sans colmatage diminue.

Nous avons remarqué sur les sables ayant du **calcaire** (MACON, CREANCES) une induration de surface qui participe au colmatage **précoce** des colonnes.

Un rythme de fonctionnement optimal a été recherché après enlèvement des dépôts de surface et scarification.

Ces essais ont été conduits avec un effluent relativement chargé (MES = 250 mg/l - DCO = 450 mg/l).

Nous **avons** abouti à la conclusion que le rythme 3 jours **d'alimentation** / 6 jours de repos permettrait d'éviter un colmatage (flaquage) **précoce**.

Sur ces bases, la surface à mobiliser en traitement secondaire des effluents est de l'ordre de 1,5 m²/hbt ; la gestion devant aboutir à un temps de repos double de celui de l'alimentation.

Le sable fin (CHAMOUILLE) reste malgré tout sensible au colmatage.

PERFORMANCES EPURATOIRES

MES

Les MES subissent quel que soit le rythme adopté un abattement important toujours supérieur à 85 % et pouvant atteindre 95 % **avec** les sables les plus fins.

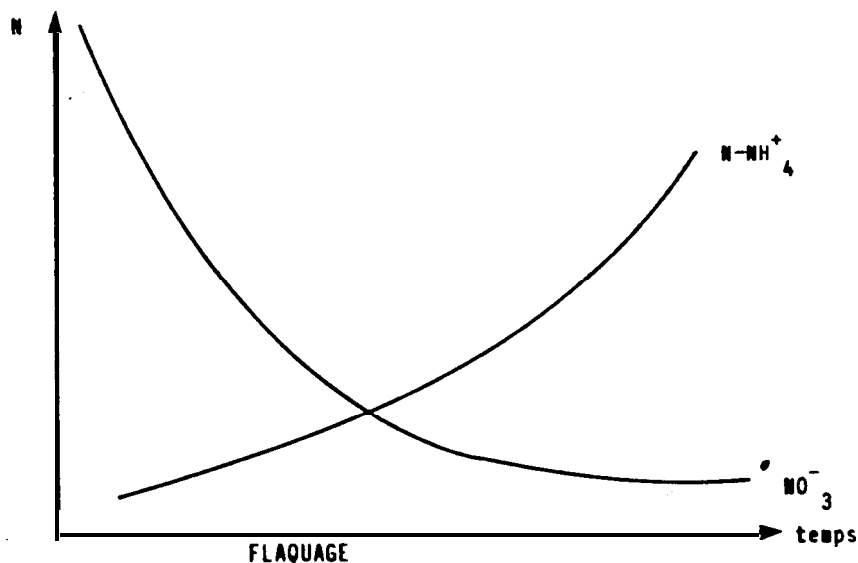
DCO

Le niveau de sortie reste faible (inférieur à 100 mg/l) **même** lorsque des fluctuations importantes (pointe à 800 mg/l, 1300 mg/l) sont observées à l'entrée. De plus, il apparaît que le colmatage n'affecte pas de manière très importante les rendements sur la DCO même en présence d'une lame d'eau à la surface du massif empêchant le renouvellement de l'oxygène.

AZOTE

De manière générale, le lessivage des nitrates en début de cycle est vérifié. Il correspond à la **nitrification**, durant la phase de repos, de l'azote ammoniacal apporté lors de la dernière bâchée du cycle **précédent**.

En général, on observe que le colmatage d'une colonne induit en sortie une remontée de N-NH_4^+ et une diminution de N-NO_3^- .



Le processus de nitrification semble donc plus sensible que la **DCO** au colmatage de la plage d'infiltration.

En ce qui concerne le rythme **3j/6j** pour lequel il n'y a pas de colmatage des colonnes, le niveau de **N-NH₄⁺** reste stable au cours du temps.

PHOSPHORE TOTAL

La rétention observée qui est de l'ordre de 40-50 % a tendance à diminuer en fin de cycle colmatant.

D'autre part, nous avons pu observé une tendance à la dégradation des performances au cours de cycles pouvant aboutir, sur une longue période, à une totale inefficacité du procédé sur ce paramètre.

Ce constat apparaît surtout lors des cycles **7j/7j** pour lesquels l'alimentation devrait être interrompue prématurément en raison du colmatage total.

DECONTAMINATION

Les abattements obtenus au cours de nos essais augmentent avec le temps de séjour de l'effluent dans le massif. Les valeurs sont bien corrélées avec l'ensemble des données relevées dans la littérature.

Un abattement de 3 Ulog nécessite un temps de séjour d'environ 30 heures.

Pour atteindre cet objectif, il faut agir sur :

- la nature du sable
- la hauteur du massif
- la dose appliquée.

Les conclusions déduites de nos essais ont été obtenues **à** partir d'expériences sur colonnes en absence de toute influence du climat. Leur traduction sur des installations en vraie grandeur peut être également **différente** dans la mesure où le sable joue le rôle de répartiteur de la lame d'eau.

Ainsi le sable de LIMOGNES présente une bonne garantie contre le risque de colmatage tout en assurant une épuration correcte (abattement de la **DCO** et nitrification). Par contre, il n'assure pas, lorsque l'alimentation est ponctuelle, la **répartition** de surface, ce qui conduit **à** une percolation rapide et localisée (passage **préférentiel**) qui ne permet plus d'atteindre les performances épuratoires escomptées.