

Le passage progressif de trois filtres à un filtre se répercute plus modestement sur le rendement (DCO) d'épuration (Fig.8 et Tableau 18) peut être parce que les charges appliquées sont restées en deçà des niveaux indiqués au tableau 17.

En revanche, lorsque les filtres fonctionnent en régime stabilisé, les variations quotidiennes de la charge à traiter n'induisent pas de baisse significative des rendements (Fig.9 et tableau 19).

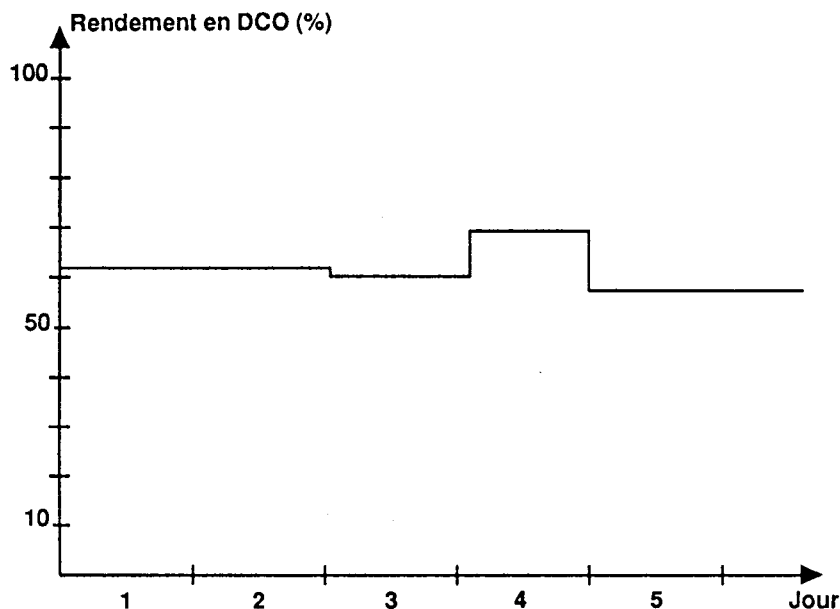


Figure 9 - Rendements en DCO.

Tableau 19 : Influence des variations de charges journalières en régime stabilisé, (2ème campagne, octobre 1989-DECA).

1 filtre en service

Jour n°	1	2	3 (pluie)	4	5	Moyenne
V_e (m/h)	2,01	2,29	3,03	2,01	1,57	2,18
C_v (kgDCO/m ³ .j)	4,11	5,36	7,45	4,30	2,76	4,80
Concentration DCO entrée biofiltre	149	171	179	156	128	159
Concentration DCO sortie biofiltre	57	65	71	51	53	59
Rendement en DCO (%)	61,7	61,9	60,3	67,3	58,6	61,9

En résumé, on peut considérer que les biofiltres ont un comportement satisfaisant face aux variations de charge organique. Ces variations pèsent d'autant moins que les biofiltres fonctionnent en régime stabilisé avec une biomasse suffisante et bien aérée.

IV.3. Cas particulier : comportement des biofiltres face à des eaux usées peu concentrées

Les eaux résiduaires peu concentrées s'accompagnent habituellement d'importants volumes à traiter (réseau drainant, raccordements défectueux,...). Ces conditions sont souvent très pénalisantes pour les systèmes à boues activées avec décanteur secondaire.

Le procédé de biofiltration apporte une sécurité accrue à ce niveau puisque les rendements d'épuration restent ici convenables.

Les résultats recueillis sur la station META (Début première campagne) sont à cet égard significatifs (tableau 20).

Tableau 20 : Résultats META (Février 1989)
Période - Eaux peu concentrées. Durée : 5 jours.

Entrée biofiltres (mg/l)	DCO	36
	MES	9
Taux de charge sur les biofiltres (%)	Hydraulique	68
	Organique en DCO	11
Rendements épuratoires des biofiltres (%)	DCO	53
	MES	45

IV.4. Les lavages

IV.4.1. Modalités et observations

Les séquences de lavage sont identiques dans leur principe sur toutes les installations : détassage, soufflage air + eau, rinçage eau, évacuation des eaux sales (voir première partie). Seules les modalités d'application diffèrent entre les deux types de biofiltres testés : les filtres à courant ascendant sont lavés en une seule opération et pour les filtres à courant descendant on procède à une succession de mini-lavages (5 en moyenne).

En général, les lavages sont efficaces et assurent de façon satisfaisante l'extraction

des boues en excès. A contrario, un lavage incomplet s'accompagne d'une montée plus rapide de la perte de charge ce qui diminue la durée du cycle d'alimentation.

Au cours de cette étude, les constatations suivantes ont pu être établies :

- Les lavages sont programmés à heure fixe et automatisés ; leur durée est comprise entre 20 et 40 minutes. En fonctionnement normal les lavages ont lieu la nuit, mais pour les besoins des mesures ils ont souvent été réalisés pendant la journée.
- Le suivi des pertes de charge dans le filtre qui devrait en toute logique déterminer le moment privilégié du lavage n'est pour ainsi dire pas effectué à l'exception de la station META.
- Des améliorations dans la programmation des lavages permettraient vraisemblablement des gains appréciables sur le fonctionnement du procédé.
- Les mesures relatives aux vitesses des fluides dans le filtre pendant les lavages ne concernent que les stations DECA et META. Les éléments disponibles sont les suivants (Tab.21).

Tableau 21 : Données mesurées pendant les lavages.

Vitesse	DECA	META
Air (m/h)		
- Détassage	70	47
- Soufflage	70	47
Eau (m/h)		
- Soufflage	40	20
- Rinçage	40	13

Le volume d'eau nécessaire au lavage d'un filtre est proche du volume de la bêche "eau épurée", soit environ 2,3 fois le volume d'un module de filtration. Lorsque plusieurs filtres sont lavés en série, les volumes d'eau mis en jeu peuvent être importants. La nécessité d'une fine régulation hydraulique est une nouvelle fois confirmée, par exemple en régulant la vidange de la bêche "eau sale".

IV.4.2. Qualité de l'eau épurée après un lavage

Diverses constatations ont été faites :

- Pour la station BOUC, les niveaux d'épuration s'améliorent en période de lavages compte tenu de la mise en service d'un filtre supplémentaire, pour les besoins des mesures.
- Sur la station TOUQ, les rendements accusent une légère baisse (de 7% sur la DCO pendant 8 heures) liée aux à-coups hydrauliques générés par les lavages.
- Sur la station META (première campagne) un suivi de la DCO en sortie directe du

filtre lavé montre une petite dégradation pendant l'heure qui suit la remise en route (DCO comprise entre 110 et 120 mg/l - valeur moyenne du jour : 90 mg/l).

Il convient de rester prudent sur l'interprétation de ces données car pendant les mesures (TOUQ, META) les lavages ont lieu le matin (heures de pointe) et non la nuit (fonctionnement habituel).

D'une façon générale, l'influence des lavages sur la qualité de l'eau épurée après remise en service du filtre demeure relativement modeste. Il ne faut cependant pas en conclure que la fréquence des lavages n'ait pas d'incidence sur la qualité de l'épuration. En effet, on peut émettre l'hypothèse (non vérifiée ici) selon laquelle l'épuration et la filtration sont d'autant plus poussées que la biomasse est développée dans le filtre. Cela impliquerait de fonctionner avec des cycles d'alimentation les plus longs possibles (limite fournie par la perte de charge) en tenant compte des autres contraintes inhérentes au procédé.

IV.4.3. Caractéristiques des eaux de lavage

Les eaux de lavages évacuent l'excès de biomasse produit par le traitement. Les concentrations de ces eaux ou "boues en excès" sont comprises entre 0,5 et 1 g de MES/l (station DECA et META), leur pH légèrement alcalin (pH = 7,5). Sur les filtres testés, les quinze premières minutes de lavage (soit les trois premiers lavages pour les filtres à courant descendant) sont les plus efficaces (fortes concentrations des eaux de lavage).

L'analyse microscopique de ces "boues" fournit des éléments d'appréciation sur la qualité de la filtration et l'épuration biologique. En effet, la nature et la structure du biofilm ont des répercussions sur la filtration, de même la diversité et l'abondance des peuplements ont des incidences sur le degré d'épuration. A titre d'exemple, pour META l'état de dégradation de la biomasse (sous aérée, surchargée) est un signe annonciateur du mauvais fonctionnement des filtres confirmé par les résultats analytiques. Sur la station DECA, l'amélioration notable du traitement entre les première et deuxième campagnes s'est traduit par une augmentation de la diversité spécifique et la présence d'espèces caractéristiques (oligochètes) d'une eau interstitielle de haute qualité.

IV.4.4. Principaux enseignements

Les lavages constituent une étape fondamentale du traitement. Il importe de les réaliser correctement, ce qui nécessite une attention et une surveillance particulières. De plus, le contrôle et la maintenance des nombreux équipements électromécaniques gagent le bon déroulement des phases de lavages.

On peut penser que des améliorations pourraient à terme être obtenues dans ce domaine:

- programmation des cycles couplée à un contrôle plus fin des pertes de charge dans les réacteurs,
- régulation des débits pendant les lavages (limitation des à-coups),
- isolement hydraulique des filtres pendant les lavages,
- bâches de stockage largement dimensionnées.

IV.5. Modalités d'aération

Il s'agit, là encore, d'un domaine exploratoire dans la mesure où aucune régulation (pour l'instant) n'est réellement en service sur les sites étudiés.

Il faut souhaiter que l'on puisse dans un proche avenir :

- mesurer les débits d'air sur les surpresseurs (au moyen de diaphragmes),
- insister sur la nécessité d'opter pour des réseaux de distribution interconnectables entre les différents filtres,
- disposer de surpresseurs à vitesse variable ou utiliser des surpresseurs de puissances différentes. Enfin, le contrôle et le suivi du réacteur rendent impérative la mesure des pertes de charge sur les nourrices d'air (pression différentielle,...).

IV.6. Le matériau filtrant

Les matériaux utilisés dans les réacteurs ne sont en apparence pas altérés par les contraintes mécaniques qu'ils subissent ni par le temps. Les dispositifs en place pour prévenir tout entraînement de matériau semblent efficaces.

En l'état actuel des connaissances et en se basant sur les résultats d'épuration obtenus, il n'est pas possible d'établir de différence significative entre les deux matériaux étudiés tant sur la nature et la granulométrie des grains que sur la hauteur de matériau mis en jeu.

Quelle que soit la fiabilité des technologies utilisées, il convient d'envisager (par exemple tous les cinq ans) le contrôle du réacteur ce qui implique la vidange du massif filtrant. Cette opération (durée : 1 jour) a eu lieu sur la station META en juin 1989. Elle a permis de constater la bonne tenue du matériau, de vérifier l'état du plancher support et de modifier le réseau d'insufflation d'air en lui faisant bénéficier des dernières avancées technologiques.

IV.7 Production de boue

Les données concernant la production de boues biologiques sont difficiles à recueillir car les incertitudes sur les mesures sont élevées. Elles réclament des conditions de fonctionnement stables et durables.

De plus, l'échantillonnage des boues prélevées en cours de lavage exige une surveillance permanente dans la mesure où les prélèvements ne sont possibles que sur de courtes durées (quelques minutes/filtre).

Il convient avant tout de s'assurer de la validité des données recueillies. Ainsi, par exemple les résultats de la station TOUQ n'ont pas été retenus car ils sont établis à partir de trois mesures de 24 heures (journées non consécutives) et fournissent trois valeurs différentes (0,56 - 0,21 - 0,37 kg MES/kg DCO éliminée).

Les données interprétables sont regroupées au tableau 22 où est indiquée la production spécifique de MES (provenant des biofiltres) rapportée au kg de DCO éliminée par les réacteurs. En considérant que les rendements d'épuration (60 à 70%) sur la DCO ne diffèrent guère entre eux, on peut se livrer à une comparaison des résultats.

Tableau 22 : Production spécifique de boues par les biofiltres.

	DECA (2 ^e camp)	BOUC	GREO	META (1 ^{ère} c)	Moyenne
Production de boue (en kg MES/kg DCO) éliminée par les biofiltres	0,35	0,39*	0,39	0,50	0,40
Rappel rendement sur la DCO (en%)	62	65	70	59	64

* mesuré pendant le suivi intensif.

La production moyenne de boue des biofiltres étudiés s'établit à 0,40 kg MES/kg DCO éliminée par les biofiltres. Exprimés en terme de DBO, les résultats obtenus permettent d'avancer que la production de boue est probablement comprise entre 0,8 et 1 kg MES/kg DBO éliminée.

Cette première approche repose sur un nombre limité de données, recueillies sur des périodes relativement courtes, les prochaines investigations devraient permettre une évaluation plus affinée.

Comparés à des procédés plus classiques, cela situe les biofiltres à un niveau proche de stations à boues activées fonctionnant dans le domaine des charges massiques situées entre 0,2 et 0,5 kg DBO/kg MVS.j.

IV.8. Aspects énergétiques

Le procédé de biofiltration mobilise une puissance électrique importante pour assurer le traitement (aération, lavages). A titre indicatif, la puissance nominale installée correspondant à la phase d'aération d'un module de biofiltre représente en moyenne 200 W/m³ sur les filtres à courant ascendant, et 350 W/m³ pour les autres. Ces valeurs sont obtenues en prenant la puissance maximale disponible au niveau des surpresseurs.

La puissance installée nécessaire aux lavages est souvent supérieure aux besoins de l'aération (besoins énergétiques élevés pour détasser puis laver le matériau).

Pour les stations étudiées, les consommations électriques ont été mesurées de façon détaillée sur les stations DECA et META ; pour les autres stations, il s'agit le plus

souvent d'estimations conduites à partir des puissances électriques installées (tableau 23).

Tableau 23 : Aspects énergétiques.

	DECA	TOUQ	BOUC	GREO	META
Puissance installée en kW					
- Air procédé	105 (3x35)	100 (2x50)	26,8 (4x6,7)	36 (4x9)	16,8 (4x6,7)
- Air lavage	1x55	1x37	2x37	1x30	1x30
- Eau lavage	1x55	1x45	3x15	2x3	2x3
Nombre de filtres en service	1/3	4/6	2/4	2/4	2/4
Consommation des biofiltres en kWh/jour					
- Air procédé	552	1230*	512*	432*	290
- Air lavage	11,6	}	}	-	10,5
- Eau lavage	28,9	} 300	} 43*	-	4,8
- Eau sale	1,4	}	}	-	4,7
Consommation des biofiltres en % du total consommé par la station	57	-	65*	-	72
Consommation spécifique en kWh/kg DCO éliminée par les biofiltres. j	1,3	1,0*	1,4*	1,2*	2,2

* consommation estimée

- absence de valeur

La part des lavages dans la consommation des biofiltres est légèrement inférieure à 10% (DECA, BOUC, META), le chiffre plus élevé de la station TOUQ (environ 24%) est à rapprocher des difficultés hydrauliques ayant entraîné la multiplication des mini-lavages.

La consommation des biofiltres représenterait environ 65% du total consommé par la station d'épuration (hors chauffage). Ce chiffre doit cependant être interprété avec prudence, compte tenu de conditions particulières (mode de fonctionnement du relèvement - traitement des boues pas toujours intégré).

Il est préférable de rapporter la consommation électrique à la pollution éliminée par les biofiltres (par exemple : DCO). Sachant que les performances exprimées en DCO sont peu sujettes à variation (en moyenne : 65% pour les stations DECA à GREO), il apparaît que la consommation spécifique des biofiltres varie entre 1,0 et 1,4 kWh/kg DCO éliminée (META excepté), ces installations fonctionnant en deçà de leurs charges nominales.

souvent d'estimations conduites à partir des puissances électriques installées (tableau 23).

Tableau 23 : Aspects énergétiques.

	DECA	TOUQ	BOUC	GREO	META
Puissance installée en kW					
- Air procédé	105 (3x35)	100 (2x50)	26,8 (4x6,7)	36 (4x9)	16,8 (4x6,7)
- Air lavage	1x55	1x37	2x37	1x30	1x30
- Eau lavage	1x55	1x45	3x15	2x3	2x3
Nombre de filtres en service	1/3	4/6	2/4	2/4	2/4
Consommation des biofiltres en kWh/jour					
- Air procédé	552	1230*	512*	432*	290
- Air lavage	11,6	}	}	-	10,5
- Eau lavage	28,9	} 300	} 43*	-	4,8
- Eau sale	1,4	}	}	-	4,7
Consommation des biofiltres en % du total consommé par la station	57	-	65*	-	72
Consommation spécifique en kWh/kg DCO éliminée par les biofiltres. j	1,3	1,0*	1,4*	1,2*	2,2

* consommation estimée

- absence de valeur

La part des lavages dans la consommation des biofiltres est légèrement inférieure à 10% (DECA, BOUC, META), le chiffre plus élevé de la station TOUQ (environ 24%) est à rapprocher des difficultés hydrauliques ayant entraîné la multiplication des mini-lavages.

La consommation des biofiltres représenterait environ 65% du total consommé par la station d'épuration (hors chauffage). Ce chiffre doit cependant être interprété avec prudence, compte tenu de conditions particulières (mode de fonctionnement du relèvement - traitement des boues pas toujours intégré).

Il est préférable de rapporter la consommation électrique à la pollution éliminée par les biofiltres (par exemple : DCO). Sachant que les performances exprimées en DCO sont peu sujettes à variation (en moyenne : 65% pour les stations DECA à GREO), il apparaît que la consommation spécifique des biofiltres varie entre 1,0 et 1,4 kWh/kg DCO éliminée (META excepté), ces installations fonctionnant en deçà de leurs charges nominales.

Ces valeurs sont voisines de celles des boues activées fonctionnant à des taux de charge similaires : on peut toutefois penser qu'une meilleure régulation de l'oxygène dans ces bassins entraînerait une diminution de la consommation spécifique. L'exemple de la station DECA est à cet égard significatif : les modifications de la répartition de l'air sur les biofiltres a permis de faire passer la consommation de 2,1 (1ère campagne) à 1,3 kWh/kg DCO éliminée (2ème campagne).

Des améliorations significatives sont à attendre dans ce domaine sous réserve que les moyens de contrôle soient mis en place et que le réseau de desserte offre le maximum de souplesse (surpresseur à petite et grande vitesse, connexions entre modules,...).

CONCLUSION

La synthèse des résultats (Tableau 24) portant sur cinq installations de biofiltration appliquées au traitement des eaux résiduaires précise les performances épuratoires de ces biofiltres pour des conditions de fonctionnement correspondant à un régime stabilisé.

Tableau 24 : Tableau de synthèse des données en régime "stabilisé".

	RÉSULTATS D'ÉPURATION
Concentration moyenne entrée biofiltres DCO MES Concentration moyenne sortie biofiltres DCO MES Rendement moyen d'épuration des biofiltres DCO MES	150 à 350 mg/l 50 à 100 mg/l 50 à 90 mg/l 10 à 20 mg/l 65% (59 à 74%) 71% (63 à 84%)
	CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT
Charge volumique* appliquée (moyenne) DCO MES Vitesse moyenne de l'eau	5,4 kg DCO/m ³ .j 1,7 kg MES/m ³ .j 2,4 m ³ /m ² .h
	PRODUCTION SPÉCIFIQUE DE BOUE
Valeur moyenne	0,4 kg MES/kg DCO él.
	ASPECTS ÉNERGÉTIQUES
Puissance spécifique installée pour l'aération Consommation spécifique*	200 à 350 W/m ³ 1,0 à 1,4 kW/kg DCO éliminée

* META non comptabilisé

Les biofiltres sont en mesure de délivrer une eau épurée de qualité satisfaisante au niveau e de la circulaire du 4/11/1980 et ce dans des conditions de charges volumiques inférieures aux valeurs "nominales" mais bien supérieures à celles des procédés conventionnels (boues activées par exemple).

Ces premiers résultats illustrent clairement une relation entre la qualité du rejet (appréciée par la DCO notamment) et la charge organique appliquée. Les données restent encore fragmentaires pour montrer la liaison entre DCO entrée biofiltre et DCO sortie biofiltre. Cela ne doit cependant pas occulter le rôle important du 1^{er} étage de traitement lorsque les eaux usées sont normalement concentrées.

La fiabilité des biofiltres sur le plan de l'élimination des MES est satisfaisante.

Les biofiltres ont par ailleurs des performances intéressantes en présence d'eaux usées à traiter diluées.

Une nitrification partielle a été observée pour des charges appliquées inférieures à 5 kgDCO/m³ de matériau.jour sous réserve que les besoins des bactéries nitrifiantes soient satisfaits (aération suffisante).

Sur le plan des performances épuratoires, les deux modèles de filtres étudiés ne font pas apparaître de différence significative.

Les biofiltres apparaissent comme des réacteurs biologiques intensifs sur lesquels les variations de charge organique n'ont qu'un effet limité, le massif filtrant offrant un pouvoir tampon d'autant plus efficace que la biomasse fixée est correctement développée. Cela constitue un atout majeur pour un procédé "intensif" à faible temps de contact entre l'eau usée et la biomasse.

Le matériau de remplissage donne entière satisfaction (bonne résistance à l'attrition).

Comme sur tout système mettant en oeuvre un procédé de filtration, la gestion du colmatage apparaît une opération délicate mais fondamentale. Le colmatage dépend des charges appliquées, de la nature de la biomasse, de la granulométrie du matériau et de la durée d'alimentation du filtre. Des lavages assurent le décolmatage du matériau. Ils sont automatisés, la maintenance et la surveillance préventive des nombreux équipements électromécaniques mis en jeu pendant les lavages gagent le bon déroulement de ces lavages, de plus tributaires des conditions hydrauliques. Les vingt premières minutes (ou premiers cycles) de lavage sont les plus efficaces.

On peut penser que des améliorations pourraient être obtenues dans ce domaine par :

- programmation des cycles de lavage asservie à un contrôle plus précis des pertes de charge dans les réacteurs,
- régulation des débits (limitation des à-coups),
- isolement hydraulique des filtres pendant les lavages,
- bache de stockage largement dimensionnée,
- dimensionnement hydraulique des biofiltres tenant compte des phases lavages.

L'optimisation de cette technique milite en faveur d'une meilleure régulation des apports d'air (mesures des débits d'air) dans les filtres impliquant beaucoup de souplesse au niveau de l'utilisation du réseau de distribution (surpresseurs adaptés,...).

Concernant les aspects énergétiques, les biofiltres mobilisent une puissance électrique importante pour assurer le traitement (aération, lavage). Les conditions d'aération pèsent sur la consommation énergétique qui doit être correctement maîtrisée pour rester comparable à celle des procédés conventionnels (attention particulière sur la conception du réseau d'alimentation en air,...).

En l'état actuel des connaissances, le procédé offre des avantages certains (compacité, aptitude à traiter des fortes charges appliquées,...) pour des performances épuratoires convenables.

Les biofiltres réclament cependant une surveillance particulière notamment en ce qui concerne la maîtrise des cycles de lavage et la maintenance préventive des nombreux équipements électro-mécaniques,

En conséquence, il est indispensable de confier l'exploitation de tels procédés à des personnels compétents et expérimentés.

L'application des diverses recommandations émises dans ce document devrait à terme rendre le procédé encore plus compétitif (optimisation du fonctionnement, souplesse d'exploitation).

La poursuite des investigations sur la biofiltration permettra :

- d'enrichir les connaissances acquises,
- de vérifier la validité de certaines hypothèses,
- d'affiner le domaine d'application (concentrations d'entrée, charges limites),
- d'aborder les aspects économiques difficiles à prendre en compte dans ce premier document (technique nouvelle, diverses modifications apportées au projet de base,...),
- de faire connaître les dernières avancées technologiques dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

BEBIN J., FAUP G.M., JACQUART J.C., (1974)
Influence des développements bactériens sur la filtration des eaux résiduaires.
1st World Filtration Congress, Paris.

BEBIN J., FAUP G.M., JACQUART J.C., (1974)
Combinaison des procédés physico-chimiques et biologiques pour l'épuration des rejets domestiques. Application aux cas des zones touristiques à population très variable.
7th International Conference of Water Pollution Research, Paris.

BERNARD J., (1981)
Les techniques d'épuration biologiques par cultures fixées : Mode ou Progrès ?
Eau et Industrie, n55, pp.25-34.

BLANC H., MAULAZ M., (1975)
Nouveau mode de traitement des eaux résiduaires domestiques et industrielles.
Nuisances et Environnement, n43, pp.49-52.

BOLDORCHI F., GRASMICK A., ELMALEH S., GEIRNAERT G., (1983)
Comparaison de supports minéraux pour cellules épuratrices.
Tribune du CEBEDEAU, n479, 36, pp.401-408.

CARRAND G., (1989)
Le Biofor, un nouveau procédé à cultures fixées.
Conférence de Nice, A.G.H.T.M., 4-7 avril 1989.

DOCUMENTATION OTV
Le procédé BIOCARBONE, 6 pages.

GILLES P., (1982)
Nouveaux développements des traitements biologiques utilisant une biomasse fixée.
L'Eau et l'Industrie, n66, juin-juillet 1982, pp.55-61.

GILLES P., (1989)
Applications à pleine échelle des cultures fixées sur le littoral méditerranéen. Conception et bilan de fonctionnement. Conférence AGHTM-IAWPRC, Nice, avril 1989, pp 288-295.

p 48 : Tableau 24 : Tableau de synthèse des données en régime "stabilisé".

	RÉSULTATS D'ÉPURATION
Concentration moyenne entrée biofiltres DCO MES	150 à 350 mg/l 50 à 100 mg/l
Concentration moyenne sortie biofiltres DCO MES	50 à 90 mg/l 10 à 20 mg/l
Rendement moyen d'épuration des biofiltres DCO MES	65% (59 à 74%) 71% (63 à 84%)
	CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT
Charge volumique* appliquée (moyenne) DCO MES	5,4 kg DCO/m ³ .j 1,7 kg MES/m ³ .j
Vitesse moyenne de l'eau	2,4 m ³ /m ² .h
	PRODUCTION SPÉCIFIQUE DE BOUE
Valeur moyenne	0,4 kg MES/kg DCO él.
	ASPECTS ÉNERGÉTIQUES
Puissance spécifique installée pour l'aération	200 à 350 W/m ³
Consommation spécifique*	1,0 à 1,4 kWh/kg DCO éliminée

* META non comptabilisé

p 51 : Suite des références bibliographiques :

GRASMICK A. et al, (1979, publié en 1980)
Étude expérimentale de la filtration biologique immergée.
Water Research, vol. 14, pp. 613-626.

GRASMICK A., FAUP G.M., (1986)
Conférence présentée aux "Journées Information Eaux".
Poitiers, 25 et 26 septembre 1986. Partie I et II.
Partie I : publiée dans la Tribune du CEBEDEAU, n528, 40, pp.47-54.
Partie II : publiée dans la Tribune du CEBEDEAU, n530, 41, pp.3-12.

PARTOS J., RICHARD Y., AMAR D., (1983), 41, pp.3-12.
Élimination de la pollution carbonée sur bactéries fixées aérobies : le procédé BIOFOR.
Communication présentée à la journée de la Commission d'Hydrologie Appliquée de l'A.G.H.T.M. le 16 novembre 1983, publié dans TSM l'Eau, 80ème année, n4, avril 1985, pp.193-198.

RUSTEN B., (1984)
Wastewater treatment with aerated submerged biological filters.
J.Wat.Poll.Control Fed., Vol.1, n56, pp.424-431.

SIBONY (1983)
Applications industrielles des cultures fixées en épuration d'eaux résiduaires. 5ème Journée scientifique : l'Eau, la Recherche, l'Environnement. Lille 25-27 octobre 1983, p.387-397.

L'épuration par biofiltration : Errata

p 20 : Tableau 5 : Charges prévisionnelles de fonctionnement.

	DECA	TOUQ	BOUC	GREO	META
v_0 (m/h)					
. moyen	1,6	1,6	2,2	2,9	2,3
. maximum	4,5	4,9	5,7	7,1	5,9
c_v (kg/m ³ .j)					
. DCO	11,3	9,9	9,3	6,9	4,0
. MES	3,3	5,4	2,2	2,3	1,1

p 34 : Tableau 16 : Charges moyennes appliquées sur les biofiltres.

	DECA	TOUQ	BOUC	GREO	META
Période	10/89	07/89	10/89	9-10/89	02/88
Nb de jours de mesures	5j	3j	7j	7j	3j
Nb de filtres en service	1/3	4/6	2/4	2/4	2/4
V_e (m/h)					
. moyen	2,2	1,3*	3,6**	3,0	2,2
. maxi	6,6	1,5	5,4	6,2	5,2
C_v (kg/m ³ .j)					
. DCO	4,8	6,5*	6,3**	3,7	3,2
. MES	1,7	-	2,2	1,2	0,8
Taux de charge hydraulique moyen (%)	132	79	163	104	92
Taux de charge (%)					
. DCO	40	65	63	37	79
. MES	51	-	100	52	72

Remarque :

- Taux de charge = (valeur mesurée/valeur nominale) x 100

	V_e (moyen)	C_v (DCO)
*Suivi léger TOUQ (21 j)	1,3	7,2
**Suivi léger BOUC (20j)	3,0	6,4