

le

Point

sur

L'épuration des eaux de drainage par biofiltration

C'est vers la fin des années 1980, à la station de recherche d'État de Geisenheim en Allemagne, que Walter Wohanka étudie pour la première fois la filtration lente sur sable du drainage issu de cultures ornementales (Wohanka, 2002). En France, les premières études ont été réalisées en 1998 au Cate (Tirilly et al., 1998) en partenariat avec l'Esmisab. Aujourd'hui, différents travaux sont menés dans le cadre d'un réseau d'expérimentation regroupant le Ctifl, plusieurs stations régionales avec l'appui de l'Inra et de laboratoires spécialisés en microbiologie. Même si la technique est toujours en cours d'optimisation et même si l'efficacité vis-à-vis de certaines bactéries n'a pas encore été complètement établie, l'état d'avancement des travaux permet de réaliser un point sur les principes d'une bonne pratique de l'épuration des eaux de drainage par biofiltration.

Principes de base

Procédé mécanique et biologique de piégeage et de destruction de la matière organique par les micro-organismes présents dans le filtre

Utilisée depuis longtemps pour l'assainissement des eaux usées, la filtration biologique est une technique d'épuration qui associe deux procédés :

- Un procédé mécanique : filtration mécanique, sédimentation, adsorption ;
 - Un procédé biologique : compétition et antagonisme.
- La filtration physique est un procédé de séparation qui utilise le passage d'un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (granulats) qui retiennent les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat). Les particules en suspension dans l'eau se déposent sur le matériau filtrant par frottement, inertie et décantation.

Une action d'épuration biologique est également constatée sur la solution qui passe à travers la couche de granulats. Elle est assurée par le biofilm que constituent les bactéries qui adhèrent aux granulats. L'activité biologique n'est cependant pas immédiate. Il faut naturellement une phase de maturation de deux à six mois pour que les performances de désinfection du filtre biologique deviennent maximales. En effet au démarrage, les granulats contiennent peu de bactéries. C'est par une immersion permanente dans la solution



Biofiltre dynamique Shieer – Déniel (Esmisab)

de drainage, contenant naturellement 10^4 à 10^5 UFC (Unités formant colonies)/ml de bactéries que certaines de ces bactéries vont adhérer progressivement aux granulats pour former le biofilm.

Optimisation de la vitesse de maturation

En France, plusieurs expérimentations ont été menées pour étudier l'efficacité de la biofiltration et caractériser les bactéries présentes dans le biofilm. Les *Pseudomonas* spp. (*Pseudomonas putida* et *Pseudomonas fluorescens*) sont majoritaires et représentent 30 à 50 % de la flore totale, suivis de *Bacillus* spp. (bactéries Gram +). Ces bactéries sont connues pour leur rôle antagoniste vis-à-vis des champignons phytopathogènes et participent à l'élimination des parasites du système racinaire. Les possibilités d'isolement et de multiplication au laboratoire de ces bactéries ont permis d'expérimenter par la suite l'ensemencement de filtres neufs. Les résultats obtenus (cf. paragraphe efficacité) montrent que les filtres ensemencés atteignent très rapidement une efficacité germicide maximale. Dorénavant, la technique d'ensemencement du biofiltre neuf accélère la maturation et assure une désinfection efficace dès les premiers mois d'utilisation (Déniel et al., 2001 ; Renault et al., 2004).

Ctifl





Influence sur la solution nutritive

On constate, malgré une aération continue du système, une diminution de la teneur en oxygène dissous en sortie du biofiltre (TABLEAU 1).

Le suivi régulier de la composition minérale de la solution en sortie de biofiltre dynamique a montré :

- une légère diminution du pH de 0,2 point ;
- une consommation en fer nécessitant d'augmenter les quantités apportées de 0,5 mg/l à partir de mi-juin par rapport à une conduite témoin.

Mise en œuvre de la filtration

Il existe actuellement deux procédés de biofiltration : la biofiltration statique sur colonne et la biofiltration dynamique.

Biofiltration statique sur colonne

Un stockage de la solution de drainage doit précéder la filtration.

Le filtre sur colonne peut être réalisé de haut en bas comme suit (Cate, 1999) :

- une couche de granulats pouzzolane, d'une hauteur d'un mètre dans la partie supérieure du bac ;
- trois couches de gravier dans la partie inférieure du bac, de quinze cm d'épaisseur et de granulométrie croissante, avec un drain de récupération au niveau de la dernière couche.

Une pompe et un débitmètre installés en sortie de filtre permettent la régulation et le contrôle du débit. Le débit à prévoir pour une filtration statique efficace est d'environ 100 à 300 l/heure/m² de surface filtrante.

Biofiltration dynamique

Les granulats de pouzzolane du filtre sont brassés à l'aide d'une pompe à air, ce qui augmente le temps de contact et donc l'efficacité des biofilms sur les micro-organismes de la solution de drainage. Le débit de la filtration est augmenté à 350 l/heure/m² de surface filtrante. Le renforcement de l'activité microbienne par des biostimulants injectés en phase de traitement permet aujourd'hui d'atteindre un débit de traitement de 600 l/heure/m² de surface filtrante.

Le mode d'action et l'efficacité de désinfection se sont révélés identiques entre les deux techniques de biofiltration. Cependant, à surface égale de filtration, la biofiltration dynamique permet de désinfecter un plus grand volume de solution de drainage.

Les risques de colmatage par obstruction progressive des interstices du matériau filtrant sont plus élevés en biofiltration statique. Un simple contre lavage permettra de ramener le filtre à son état initial.

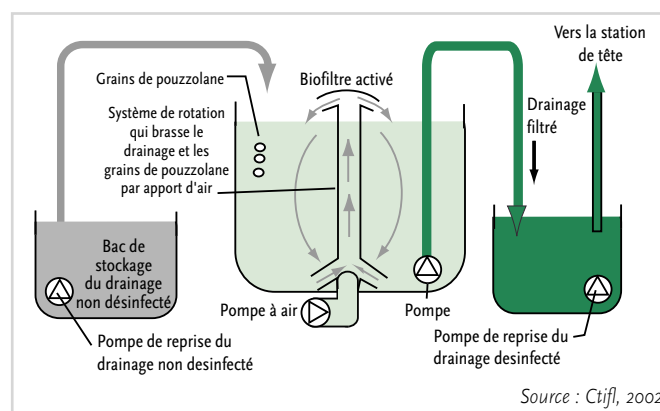
La FIGURE 1 présente le schéma de mise en œuvre de la biofiltration de la solution de drainage.

La solution de drainage est injectée dans la partie supérieure du biofiltre. Au fond du biofiltre, de l'air propulsé par une pompe dans des tubes d'aération permet la remontée et le brassage des granulats de pouzzolane et de la solution de drainage. Ce système de brassage, en augmentant le temps de contact entre le drainage et les biofilms, rend possible un débit de traitement plus élevé. Il permet d'obtenir une homogénéité dans la composition du biofilm de tous les granulats. Une nutrition carbonée en solution peut être injectée dans le biofiltre pour stimuler l'activité microbienne.

TABLEAU 1 -Influence de la biofiltration dynamique sur la teneur en oxygène dissous de la solution de drainage

	Teneur en oxygène dissous en mg/l O ₂	
	Solution de drainage	
	avant biofiltration	après biofiltration
Le 27 avril 2000	9,0	4,0
Le 27 juin 2000	8,1	3,8

FIGURE 1-Schéma de mise en œuvre de la biofiltration dynamique de la solution de drainage



Source : Ctifl, 2002

Efficacité germicide évaluée sur le terrain

La première année d'utilisation (en absence d'ensemencement bactérien), l'efficacité germicide reste faible (Cate, 1999 ; Ctifl Carquefou, 2000). Elle augmente ensuite progressivement. Une flore bactérienne résiduelle représentant 10 à 15 % de la flore bactérienne totale est constamment détectée après la désinfection par biofiltration. Ces bactéries pourraient provenir du matériau filtrant par un phénomène de rétrocession. Des investigations sont en cours pour vérifier cette hypothèse. Une élimination élevée de *Pythium* spp. et de *Fusarium oxysporum* est obtenue. L'efficacité du biofiltre est immédiate après l'ensemencement bactérien d'un mélange de *Pseudomonas* et *Bacillus* (Cate, 2001). Au Ctifl de Carquefou en 2003, les études concernant la sélectivité de la biofiltration vis-à-vis des flores fongiques et bactériennes bénéfiques ont montré que la biofiltration n'est pas plus compatible que les autres techniques de désinfection avec une stratégie générale de lutte biologique contre les pathogènes racinaires.

Les possibilités d'optimisation

Optimisation des débits de filtration

- Adopter des débits faibles pendant la phase de maturation ou d'ensemencement.
- Moduler le débit en fonction de la quantité d'effluent à traiter.

Optimisation de l'oxygénation du massif filtrant

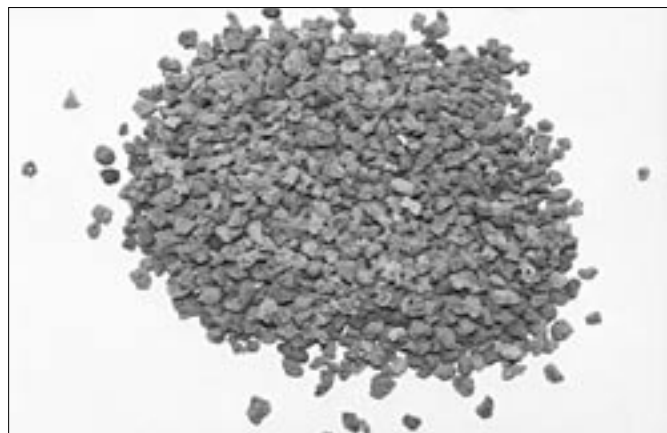
- Mise en œuvre d'une biofiltration séquentielle qui alternerait phase de traitement et phase de ressuyage pour favoriser l'oxygénation par convection et la formation du biofilm sur l'ensemble du massif filtrant.
- Remplacement éventuel de la pompe à air par une pompe à eau de brassage de l'effluent.

Optimisation de l'action biologique

Des travaux d'optimisation sont en cours. Au Ctifl de Carquefou, ils concernent l'étude d'un matériau filtrant constitué de broyats de po-



lyéthylène haute densité issu de la filière recyclage des plastiques. Les plastiques ont la caractéristique de fixer les bactéries. L'amélioration du brassage et de l'oxygénation du matériau filtrant a également été intégrée dans ce nouveau procédé. La mise au point de nouveaux mélanges bactériens est étudiée au Cate en partenariat avec l'Esmisab.



Granulats de pouzzolane – Déniel (Esmisab)

Caractéristiques d'une installation utilisant le biofiltre dynamique pour le traitement de la solution de drainage de 4 ha sous serre de tomate hors sol :

- stockage du drainage avant biofiltration de 100 m³ ;
- biofiltre de 22 m³ avec 23 tonnes de granulats de pouzzolane, diamètre du biofiltre de 4 m ;
- pour un débit de traitement de 4,5 m³/heure ;
- stockage du drainage après biofiltration de 100 m³. ■

LES POINTS CLEFS DE LA MISE EN ŒUVRE

- Une installation du biofiltre dans un local tempéré car l'activité biologique dépend d'une température optimale de 15 à 25 ° C.
- Une prise d'air pour l'aération dans un local tempéré sans risque de pollution aérienne.
- La couverture par une bâche noire des différentes cuves de stockage afin d'éviter le développement d'algues.
- Privilégier une capacité de stockage élevée avant et après filtration de 40 à 60 m³/ha.
- Une absence d'utilisation de produits phytosanitaires ou de désinfection chimique au niveau des solutions nutritives afin de préserver l'activité biologique du biofiltre.
- Un contrôle régulier du débit en filtration statique et une régulation effectuée à l'aide d'un débitmètre afin de ne pas dépasser 300 l/m² de surface filtrante/heure.
- Un contrôle régulier, en filtration dynamique, du brassage de l'eau et des granulats de pouzzolane par les tubes d'aération et réajustement du débit de la pompe si absence de remontée des granulats.
- Le maintien d'un niveau de solution de drainage constant au-dessus des matériaux filtrants. Le filtre ne doit jamais être à sec pour maintenir la microflore.
- La mise en fonctionnement en circuit fermé quelques heures par jour à l'inter saison pour assurer le brassage, l'aération et l'activité biologique.
- Un rinçage du biofiltre avec de la solution de drainage non recyclée pendant cinq jours lors de sa remise en route.
- Un nettoyage régulier du filtre par contre lavage en filtration statique.

TABLEAU 2- Caractéristiques des biofiltres dynamiques en fonction des quantités de solution de drainage à traiter par jour

Capacité de filtration en m ³ par jour	Capacité de filtration en m ³ par heure	Diamètre du biofiltre en mètre	Puissance électrique nécessaire (kW)	Nombre de tubes d'aération
21	0,9	1,85	0,50	2
43	1,8	2,60	0,55	3
60	2,5	3,10	0,55	4
84	3,5	3,55	0,75	5
108	4,5	4,00	0,75	7
120	5,0	4,40	0,75	7
168	7,0	5,10	1,1	9
228	9,5	5,95	1,1	13
321	13,4	7,04	2,2	19
412	17,2	7,92	3,0	25
508	21,2	8,80	3,0	30

Source : Shier, 2000

TABLEAU 3- Efficacité germicide de la biofiltration dynamique

	% d'élimination des micro-organismes				
	Données Cate - ESMISAB-Equasa			Données Ctifl Carquefou – ESMISAB-Equasa	
	Biofiltre 1 ^{re} année	Biofiltre 2 ^e année	Biofiltre ensemençé 1 ^{re} année	Biofiltre 1 ^{re} année	Biofiltre 2 ^e année
	1999	2000	2001*	2000	2001
Flore bactérienne totale	89	91,5	86	57,7	74,1
<i>Pseudomonas fluorescents</i>	0 **	96,8	93	81	86,7
<i>Pythium spp.</i>	95	97,2	99,8	36	98,5
<i>Fusarium oxysporum</i>	81	97,2	97,3	93,3	96

* Ensemencement bactérien d'un mélange des genres *Pseudomonas* et *Bacillus* - ** Relargage de *Pseudomonas fluorescents*



Avantages et inconvénients

Avantages

- Procédé simple à mettre en œuvre nécessitant peu de contrôles et d'entretien et ne présentant aucun risque pour l'utilisateur.
- Procédé fiable ne nécessitant pas une assistance particulière.
- Procédé adapté à tous les types de substrat.
- Biofiltration statique adaptée aux petites exploitations.
- Biofiltration dynamique adaptée aux grandes exploitations.
- Bonne efficacité contre *Pythium* spp., *Phytophthora* spp. et *F. oxysporum*.
- Peu d'influence sur la solution traitée (composition, pH, température) mis à part le fer.
- Cohérence avec l'image de protection biologique intégrée.
- Faible coût de fonctionnement.

Inconvénients

- Nuisance sonore de la pompe d'aération du biofiltre dynamique en cours de fonctionnement qui peut nécessiter de prévoir des plages de fonctionnement.
- Encombrement au sol.
- Faible débit de traitement.
- Absence de modulation du débit par rapport à la quantité d'effluent à traiter.
- Efficacité germicide qui n'est pas immédiate la première année en absence d'ensemencement bactérien.
- Efficacité moyenne contre la flore bactérienne totale et nécessité d'étudier le phénomène de rétrocession.
- Technique peu ou pas sélective des champignons antagonistes et de la flore bactérienne bénéfique pour les plantes.
- Pas ou peu de connaissances sur l'efficacité contre les virus et contre certaines bactéries, notamment *Clavibacter michiganensis*, sous-espèce *michiganensis*.
- Risques de perturbation de l'activité biologique des biofiltres par pollution.
- Conduite en phase liquide stagnante qui limite l'oxygénation du massif filtrant et phase aqueuse qui limite la pénétration de l'oxygène dans le biofilm.
- Système d'aération qui ne permet qu'une faible oxygénation du massif filtrant.
- Baisse de la concentration en O₂ dans l'effluent.
- Efficacité moyenne du système de brassage du matériau filtrant qui met la biofiltration dynamique dans une configuration proche d'une biofiltration statique avec une activité biologique vraisemblablement localisée dans la partie supérieure du filtre.
- Non compatible avec des traitements phytosanitaires dans la solution nutritive

Bibliographie

- DÉNIEL F. ET GUILLOU A., 2001. *Biofiltration : procédé biologique de désinfection des solutions nutritives*. Aujourd'hui et demain. 68, 22-25.
- DÉNIEL F., REY P., LE BRAS M-A., TIRILLY Y., 2001. *Tomate hors sol : la filtration comme moyen de lutte biologique*. PHM-Revue Horticole. 424, 20-22.
- LE QUILLEC S., BRAJEUL E., SÉDILOT C., RAYNAL C., LETARD M., GRASSELY D., 2002. *Gestion des effluents des cultures légumières sur substrat*. Ed. Ctifl Paris. 197 p.
- LE QUILLEC S., 2003. *Filtration lente des effluents en filière horticole : potentialités et perspectives*. Mémoire IDPE. 82 p.
- LE QUILLEC S., SÉDILOT C., REY P., FAVE C., 2003. *Compte rendu du séminaire européen sur les stratégies de défense contre les pathogènes des cultures hors sol – Albenga*. Infos-Ctifl. 189, 6-7.
- MANDIN C., 2003. *Recyclage des solutions de drainage en culture hors sol sous serre : Maîtrise sanitaire*. Mémoire fin d'études DESS – Centre Ctifl de Carquefou. 58 p.
- MARY L., GEORGET M., 2001. *Désinfection des eaux de drainage recyclées en pépinière hors sol : la filtration lente*. PHM-Revue Horticole. 427, 25-27.
- RENAULT D., DÉNIEL F., GUILLOU A., LE QUILLEC S., REY P., 2004. *Vers l'optimisation de la biofiltration*. Réussir fruits & légumes. 226, 52-54.
- TIRILLY Y. ET DÉNIEL F., 1998. *La filtration lente comme moyen de désinfection*. PHM-Revue Horticole. 396, 30.
- WOHANKA W., 2002. *A new practical way for removing plant pathogens from irrigation water*. <http://fag.mnd.fh-wiesbaden.de/Institut4/pf/Wohanka/slowfiltrhandout.pdf>

COÛTS (donnés à titre indicatif)

	Investissement		Fonctionnement	
	Biofiltration statique	Biofiltration dynamique	Biofiltration statique	Biofiltration dynamique
Serre de 15 000 m ² , débit de traitement de 2 à 3 m ³ /h	11 600 €	18 300 à 20 000 €	Coût faible	4 €/100 m ³
Serre de 30 000 m ² , débit de traitement de 4 à 6 m ³ /h	16 100 €	24 400 à 25 600 €	Coût faible	3,81 €/100 m ³

FABRICANTS ET DISTRIBUTEURS (liste non exhaustive)

Firme	Adresse	Téléphone	Fax	E-mail	Site internet
Shieer Holland International	De Hondert Margen 7A 2678 AC De Lier Pays-bas	00 31 174 54 05 00	00 31 174 54 03 14	info@shieer.nl	www.shieer.nl
Van Etten Techniek	P.O. Box 268 2670 Ah Naaldwijk Pays-bas	00 31 174 62 59 61	00 31 174 62 87 66	info@etten-techniek.nl	www.etten-techniek.nl
Wise Use International B.V.	Trasmolenlaan 8D 3447 GZ Woerden Pays-bas	00 31 348 40 83 07	00 31 348 40 89 47	Wise.use@planet.nl	www.wiseuse.nl

Pour en savoir plus...

Serge Le Quillec
Ctifl
Centre de Carquefou
35, allée des sapins
44470 Carquefou
Tél. : 02 40 50 81 65
Fax. : 02 40 50 98 09
E-mail : lequillec@ctifl.fr

Patrice Rey et Franck Déniel
Esmisab/Equasa
Technopôle Brest-Iroise
29280 Plouzane
Tél. : 02 98 05 61 32
Fax : 02 98 05 61 01
E-mail : patrice.rey@univ-brest.fr et
franck.deniel@univ-brest.fr

Alain Guillou
Cate
Vezendoquet
29250 Saint-Pol-de-Léon
Tél. : 02 98 69 22 80
Fax. : 02 98 69 09 94
E-mail : cate@wanadoo.fr