

Évaluation de l'efficacité de la zone d'infiltration sous le Biofiltre Ecoflo®

**Sommaire de la conférence présentée par M. Roger Lacasse
dans le cadre du 30^e Symposium sur le traitement des eaux usées**

Saint-Hyacinthe, 16 octobre 2007



Premier Tech
Environnement

Évaluation de l'efficacité de la zone d'infiltration sous le Biofiltre Ecoflo®

Roger Lacasse¹ et Naider Fanfan²

Le Biofiltre Ecoflo® est un système de traitement des eaux usées destiné au secteur de l'assainissement décentralisé. Précédée d'une fosse septique, la filière de traitement comprend une unité de biofiltration et un champ de polissage permettant l'infiltration des eaux traitées dans le sol récepteur. Les performances du Biofiltre Ecoflo® ont été évaluées par de nombreux organismes (MDDEP, BNQ, NSF, CSTB, etc.) depuis près de 20 ans. Toutes les études ont démontré que le système produit un effluent dont les concentrations sont bien inférieures aux critères du niveau de traitement secondaire avancé, soit 15 mg/L en MES et DBO₅ et 50 000 UFC/100 mL en coliformes fécaux. Cependant, peu de données ont été recueillies à ce jour pour évaluer l'efficacité de la zone d'infiltration ou du champ de polissage recevant les eaux traitées par le Biofiltre Ecoflo®.

Dans le cadre du processus d'approbation de la technologie Ecoflo® dans l'État de la Virginie, une étude indépendante a été réalisée de 2003 à 2007 pour déterminer la qualité des eaux traitées par le système constitué d'un Biofiltre Ecoflo® et d'une zone d'infiltration de 30 cm d'épaisseur en conformité avec les exigences de l'État. Cette étude a été dirigée par le Dr Robert A. Rubin, professeur émérite de l'Université de la Caroline du Nord.

Matériel et méthode

Le protocole d'essais inclut le suivi de six sites résidentiels différents durant une période de 18 mois pour les quatre types de sols présents en Virginie et définis au tableau 1. Il est à noter que ces types de sols se comparent à ceux définis dans le Règlement Q-2, r.8 du Québec.

Tableau 1 Types de sols

Virginie		Québec	
Type de sol	Perméabilité (min/cm)	Type de sol	Perméabilité (min/cm)
I	≤ 6	Très perméable	≤ 4
II	> 6 et ≤ 18	Perméable	≥ 4 et < 25
III	> 18 et ≤ 35		
IV	> 35 et ≤ 47	Peu perméable	≥ 25 et < 45

L'installation à chacun des sites comprend une fosse septique suivie d'un Biofiltre Ecoflo® et d'une zone d'infiltration localisée sous le biofiltre. Trois lysimètres à succion (« High flow porous ceramic cup suction lysimeter model » 1920F1-B01M3) ont été installés à chaque site afin de mesurer la qualité de l'eau en amont de la zone d'infiltration (lysimètre # 3 non illustré à la figure 1), à 30 cm sous la zone d'infiltration localisée immédiatement sous le Biofiltre Ecoflo® (lysimètre # 1) et à 3 m en aval de l'extrémité du biofiltre (lysimètre # 2). La figure 1 présente une installation typique du biofiltre et des équipements de suivi.

¹ Roger Lacasse, Directeur technique et scientifique, Premier Tech Environnement, 1, ave Premier, Rivière-du-Loup, Québec Canada, G5R 6C1. lacr@premiertech.com

² Naider Fanfan, Ingénieur projets, Premier Tech Environnement, 1, ave Premier, Rivière-du-Loup, Québec Canada, G5R 6C1. fanp@premiertech.com

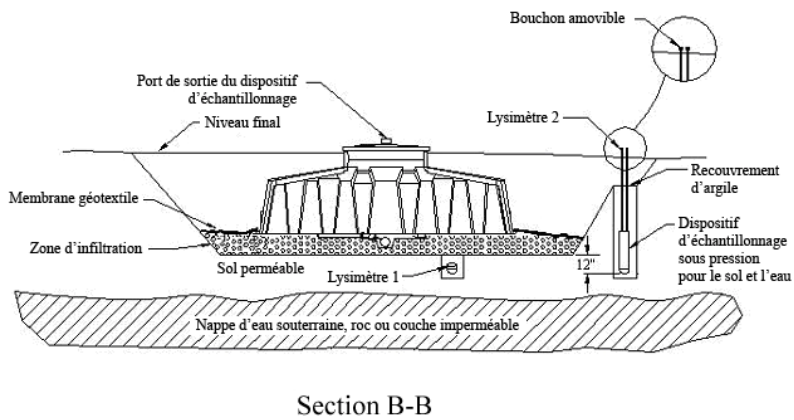
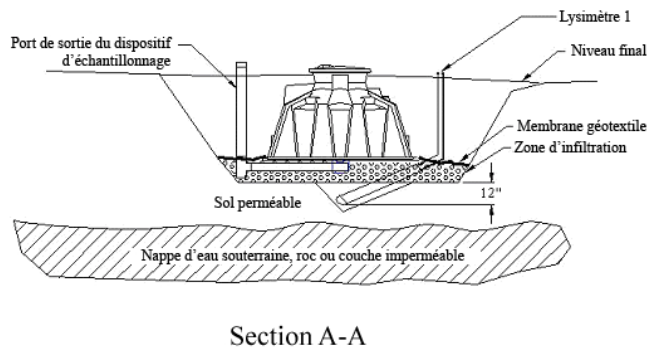
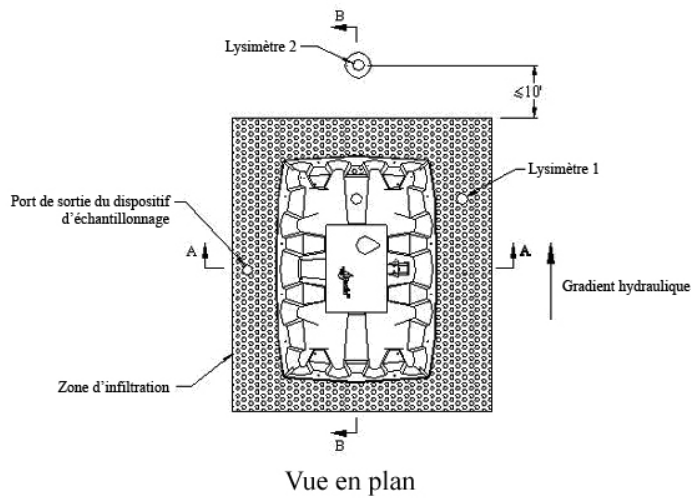


Figure 1 Installation typique du biofiltre et des équipements de mesure

Les prélèvements ont été réalisés mensuellement aux effluents de la fosse septique et du Biofiltre Ecoflo[®] ainsi que dans les trois lysimètres. Selon la réglementation de la Virginie, les paramètres suivants ont été mesurés mensuellement : débit d'alimentation, DBO₅, MES, coliformes fécaux, nitrates et NTK. Les échantillonnages pour le phosphore total ont été réalisés trois fois par année pour quatre sites sélectionnés à cette fin dans des sols de types I, II et III et de façon plus sporadique pour quatre autres sites. Il est à noter que les concentrations en MES et en DBO₅ n'ont pas été mesurées dans les lysimètres installés à 30 cm de profondeur (lysimètre # 1) dans le sol sous les biofiltres. Cette situation est attribuable au fait que les concentrations à l'effluent du Biofiltre Ecoflo[®] étaient bien inférieures aux valeurs exigées par la réglementation de l'État de la Virginie, soit 30 mg/L.

Résultats obtenus

Jusqu'à maintenant, le suivi a été complété pour 18 sites, soit ceux correspondant aux sols de types I, II et III. Le suivi est en cours à deux sites installés dans le sol de type IV. Le débit moyen obtenu pour l'ensemble des sites correspond à une valeur de 590 L/d, soit l'équivalent de la famille moyenne au Québec (2,3 personnes x 270 L/pers.-d ou 620 L/d). Par ailleurs, 90 % des valeurs de débit mesurées étaient inférieures ou égales à 942 L/d. Finalement, il est à noter que les débits ont excédé dans certains cas la capacité du système avec des valeurs atteignant jusqu'à 3 000 L/d. Les concentrations en MES et DBO₅ obtenues à la sortie du Biofiltre Ecoflo[®] sont présentées au tableau 2. On constate que les performances du biofiltre obtenues durant le suivi en Virginie correspondent aux valeurs déjà mesurées antérieurement en conditions réelles par Premier Tech Environnement (PTE) et durant les différents essais de certification de la technologie.

Tableau 2 Performances du Biofiltre Ecoflo[®] en MES et DBO₅

Paramètres	Virginie		Suivi de PTE (11 ans, n = 163)		Certification (effluent Ecoflo [®])		
	EFS	Effluent Ecoflo [®]	EFS	Effluent Ecoflo [®]	CSTB (n = 30)	BNQ (n = 118)	NSF (n = 108)
MES (mg/L)	34 ± 23 (n = 141)	6 ± 7 (n = 337)	52 ± 48	4 ± 3	5 ± 4	2 ± 0,2	2 ± 0,7
DBO ₅ (mg/L)	186 ± 113 (n = 340)	8 ± 8 (n = 337)	176 ± 89	5 ± 5	3 ± 2	2 ± 0,4	2 ± 0,3

Les évaluations réalisées sous la zone d'infiltration ont permis de vérifier l'efficacité de cette dernière pour la réduction de l'azote, du phosphore et des coliformes fécaux encore présents dans l'effluent traité par le Biofiltre Ecoflo[®]. Les concentrations moyennes mesurées à la sortie des différentes étapes de traitement sont présentées au tableau 3. Le tableau 4 présente les valeurs correspondant au centile 90. La zone d'infiltration, constituée d'une couche de 30 cm de sol alimentée par l'effluent du Biofiltre Ecoflo[®], a un rôle de polissage final de l'effluent traité.

Discussion

Enlèvement de l'azote total

L'analyse des résultats présentés aux tableaux 3 et 4 nous indique que le système composé d'un Biofiltre Ecoflo[®] et d'une zone d'infiltration de 30 cm d'épaisseur permet une réduction de 84 % de l'azote total. Il est important de souligner que ce rendement ne tient pas compte de la présence d'azote total dans l'eau souterraine en amont de la zone d'infiltration (4 ± 4 mg/L). Considérant ce « bruit de fond », on constate que la concentration en azote total à une profondeur de 30 cm de sol sous le biofiltre est en moyenne inférieure à 5 mg/L et à 12 mg/L pour 90 % des résultats, ce qui respecte l'exigence moyenne de 10 mg/L faisant partie de différentes réglementations.

Tableau 3 Efficacité moyenne (\pm écart type) du Biofiltre Ecoflo[®] et de la zone d'infiltration

Paramètres	EFS	Effluent Ecoflo [®]	Effluent à 30 cm sous l'Ecoflo [®]	Eau en amont à 30 cm	Rendements		
					Ecoflo [®]	Zone infiltration	Global
N total (mg/L)	45 \pm 24 (n = 72)	32 \pm 18 (n = 76)	8 \pm 9 (n = 77)	4 \pm 4 (n = 40)	29 %	78 %	84 %
P total (mg/L)	5,9 \pm 0,9 (n = 11)	5,2 \pm 0,9 (n = 11)	0,12 \pm 0,04 (n = 15)	-	12 %	97 %	98 %
C.F. (UFC/100 mL)	34 262 (n = 51)	1 029 (n = 308)	2 (n = 336)	-	1,5 log	2,7 log	4,2 log

Tableau 4 Efficacité pour le centile 90 du Biofiltre Ecoflo[®] et de la zone d'infiltration

Paramètres	EFS	Effluent Ecoflo [®]	Effluent à 30 cm sous l'Ecoflo [®]	Eau en amont à 30 cm	Rendements		
					Ecoflo [®]	Zone infiltration	Global
N total (mg/L)	77	56	22	10	27 %	61 %	71 %
P total (mg/L)	7,1	6,5	0,2	-	8 %	97 %	97 %
C.F. (UFC/100 mL)	240 000	34 300	2	-	0,8 log	4,2 log	5,1 log

Les valeurs mesurées pour les quatre types de sols ne montrent aucune influence de ce paramètre sur l'efficacité d'enlèvement de l'azote total. Les performances observées seraient attribuables à une bonne nitrification des eaux usées dans le biofiltre (moyenne de 80 %) et à la présence de micro-zones anoxiques dans la matrice du sol. En présence du carbone soluble provenant du milieu filtrant à base de tourbe, ces zones fourniraient les conditions favorables à la dénitrification de l'effluent.

Coliformes fécaux

On constate que la zone d'infiltration permet de réduire les coliformes fécaux sous le seuil de détection de 2 UFC/100 mL et ce, pour 90 % des résultats obtenus. Les 336 valeurs mesurées sont inférieures à la limite usuelle de 200 UFC/100 mL, la valeur maximale correspondant à 170 UFC/100 mL. Cette atténuation des coliformes fécaux est associée à des phénomènes de rétention/fixation à la surface des particules de sol et à des changements de conditions physico-chimiques associées aux sols. Il est aussi important de souligner que la moyenne géométrique des coliformes fécaux observée à la sortie du Biofiltre Ecoflo[®] durant cette étude, soit 1029 UFC/100 mL, correspond aux résultats obtenus dans d'autres suivis et essais. En effet, une concentration de 1000 UFC/100 mL a été obtenue dans le cadre du suivi de PTE réalisé depuis 1995, de 1250 UFC/100 mL lors des essais de certification du BNQ et de 630 UFC/100 mL lors des essais réalisés par NSF.

Phosphore total

Les performances du Biofiltre Ecoflo® pour l'enlèvement du phosphore sont conformes aux données existantes depuis le début du développement de la technologie, soit un enlèvement de l'ordre de 10 à 15 % du phosphore total dans le lit filtrant. Toutefois, le jumelage du biofiltre avec un champ de polissage constitué d'une couche d'au moins 30 cm de sol naturel, permet un enlèvement global de 98 % du phosphore présent à l'effluent de la fosse septique. La concentration moyenne de phosphore total à 30 cm de profondeur dans la zone d'infiltration est égale à 0,12 mg/L et 90 % des valeurs sont inférieures ou égales à 0,2 mg/L. Rappelons que le critère usuel de rejet correspond à 1,0 mg/L. Ces résultats ont été obtenus aux installations implantées dans les sols de type I à III en fonction depuis plus de 40 mois et aucune influence n'a été observée avec la perméabilité des sols expérimentés. Selon la littérature existante, la fixation du phosphore dans les sols acides est principalement associée à son adsorption à la surface des éléments métalliques présents dans le sol (fer et aluminium). Selon Pellerin et al. (2006), les sols acides à neutres du Québec peuvent être catégorisés en trois classes quant à leur habilité à retenir le phosphore (faible capacité : 1,46, capacité moyenne : 3,04 et haute capacité : 5,66 g P/kg de sol). Ces résultats ont été obtenus après l'analyse de plus de 275 échantillons de sol couvrant 75 séries de sols dans un horizon variant entre 0 et 70 cm de la surface. Des analyses effectuées sur 25 échantillons de sols prélevés dans différentes régions du Québec pour l'implantation de systèmes d'épuration autonomes indiquent des résultats comparables, soit une capacité de rétention variant entre 0,94 et 5,74 gP/kg de sol (moyenne de 2,90 gP/kg de sol) et indépendante de la perméabilité du sol en place. À titre de comparaison, l'analyse des sols expérimentés en Virginie présente des résultats du même ordre, soit une capacité de rétention du phosphore de 3 gP/kg de sol pour les trois types de sols utilisés. L'accès à cette capacité de rétention en phosphore du sol et la stabilité du phosphore retenu, est fonction des facteurs principaux suivants : la qualité de l'effluent infiltré permettant d'éviter le colmatage du sol récepteur, le maintien d'un potentiel redox élevé (aérobie) assurant la stabilité de la réaction avec le fer et la non saturation de la zone d'infiltration (au-dessus de la nappe haute saisonnière).

Les caractéristiques hydrodynamiques et physico-chimiques de l'effluent produit par le Biofiltre Ecoflo® favorisent la fixation du phosphore dans le sol. En fait, le milieu filtrant à base de tourbe libère des acides humiques et fulviques qui provoquent l'altération des particules de sols dans la zone d'infiltration, ce qui augmente la disponibilité du fer et de l'aluminium dans le sol pour réagir avec le phosphore. Également, les conditions de faible pH prévalant dans le milieu filtrant durant sa phase de démarrage, permettent la libération du fer et de l'aluminium présents dans la tourbe, créant ainsi un dopage supplémentaire de ces métaux dans le sol récepteur. De plus, la capacité de rétention associée au milieu filtrant sélectionné assure une atténuation des pointes de débit qui se traduit par une régularisation du débit infiltré, favorisant ainsi la non saturation du sol dans la zone d'infiltration. Ces conditions non saturées sont aussi maximisées par l'alimentation pulsée du biofiltre, en créant des cycles de mouillage/drainage répétés qui favorisent l'entraînement d'air dans le sol. Notons que l'air présent dans la zone de gravier à la base du biofiltre est renouvelé par le réseau d'aération intégré au système. Finalement, pour maintenir cet accès à la capacité du sol à fixer le phosphore, il est essentiel que l'effluent traité à infiltrer présente une excellente qualité en toutes conditions (variations de débit et de charge, démarrage suite à un arrêt prolongé, etc.), afin d'éviter le colmatage du sol par les matières en suspension et l'introduction de trop grandes concentrations en matières organiques. Ces deux derniers facteurs entraînent une diminution du potentiel redox dans le sol et une réduction de la capacité du sol à fixer le phosphore. Tel que démontré lors d'essais de stress particuliers (NSF, 2005 et BNQ, 2005), le Biofiltre Ecoflo® produit un effluent dont les concentrations en MES et DBO₅ varient très peu (inférieures à 5 mg/L) en conditions de pointes ou de démarrage après des arrêts d'alimentation. Sur la base des données précédentes, du taux d'occupation des résidences et de la quantité de phosphore produit par les occupants, nous estimons que le système « Biofiltre Ecoflo® + sol récepteur » permet la rétention du phosphore produit par une résidence pour une durée d'au moins 20 ans dans la majorité des situations, sans tenir compte de l'apport en fer, en aluminium, en acides humiques et fulviques associé au milieu filtrant sélectionné.

Conclusion

Les résultats obtenus dans le cadre de l'étude indépendante réalisée en Virginie démontrent un potentiel intéressant du système constitué d'un Biofiltre Ecoflo[®] suivi d'une couche de sol de 30 cm pour l'enlèvement de l'azote, du phosphore et des coliformes fécaux sous les niveaux de rejets usuels, soient 10 mg/L pour l'azote total, 1,0 mg/L pour le phosphore et 200 UFC/100 mL pour les coliformes fécaux. Conformément aux recommandations d'experts du domaine de l'assainissement décentralisé (Tchobanoglous, 2003), cette étude met clairement en évidence l'importance de réserver les sols naturels pour le polissage d'un effluent ayant subi un niveau de traitement élevé et présentant peu de variations. L'utilisation du sol pour le traitement d'un effluent primaire ou secondaire présentant des variations ne permettrait pas d'exploiter le plein potentiel d'assainissement de cette matrice naturelle. Sur la base de ces résultats prometteurs, les travaux se poursuivent pour une optimisation de l'approche en différentes conditions, afin de maximiser la longévité du système.

Références

Bureau de Normalisation du Québec (BNQ), 2005. *Traitement des eaux usées – Systèmes d'épuration autonomes pour les résidences isolées – Système de traitement secondaire avancé (classe III) - Biofiltre Ecoflo[®] ST-650*. Rapport de performance de l'Annexe A.

Bureau de Normalisation du Québec (BNQ), 2005. *Traitement des eaux usées – Systèmes d'épuration autonomes pour les résidences isolées – Système de traitement secondaire avancé (classe III) - Biofiltre Ecoflo[®] ST-650*. Rapport de performance de l'Annexe B.

NSF International, 2005. *NSF/ANSI Standard 40 – Residential Wastewater Treatment Systems – Premier Tech Environment – STB-500 Wastewater Treatment System*. Final report.

Pellerin, A., Parent, L.E., Fortin, J., Tremblay, C., Khiari, L. and M. Giroux, 2006. *Environmental soil phosphorus saturation index for Quebec acid to near neutral mineral soils varying in texture and genesis*. Can. J. Soil Sci. 86, 711-723.

Premier Tech Environnement, 2006. *Programme volontaire d'échantillonnage de 1995 à 2006*.

Rubin, R.A., 2007. *Field performance assessment of Premier Tech Ecoflo[®] wastewater treatment system in Virginia*. Preliminary project report, 25 p.

Sakadevan, K. and H.J. Bavor, 1998. *Phosphate adsorption characteristics of soils, slags and zeolite to be used as substrates in constructed wetland systems*. Water Res. 32(2), 393-399.

Tchobanoglous, G. 2003. *The importance of Decentralized Wastewater Management in the Twenty-first Century*. 2003 Clarke Prize Honoree, p 8-19.

