



DES LOMBRICS EN VILLE

Après plus que cinq ans d'utilisation, la performance d'un «lombrifiltre» pour le traitement et la réutilisation des eaux usées dans le centre urbain de Genève a été évaluée. En plus de l'abattement de la matière organique, de l'azote, des pathogènes et des micropolluants, l'étude montre que grâce à la réutilisation des eaux traitées, ce système décentralisé diminue les besoins en eau potable.

Kayla Coppens, Université de Genève et Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau (Eawag)

Serge Stoll, Université de Genève

Linda Strande, Eawag

ZUSAMMENFASSUNG

WURMFILTER IN DER STADT

Die Überschreitung der planetaren Grenzen (Klimawandel, Störung des Stickstoff- und Phosphorkreislaufs) zeigt einen zunehmenden Druck auf unser lineares Modell der Abwasserbewirtschaftung. Abwasser stellt eine weitgehend ungenutzte Ressource dar, die weltweit 13% des Nährstoffbedarfs in der Landwirtschaft und 15% des Bewässerungswasserbedarfs decken könnte. Die Kreislaufwirtschaft im Abwasserbereich ist daher eine wichtige Strategie, um einen Beitrag zur Einhaltung der planetaren Grenzen zu leisten. Der 2017 in Genf eingeweihte Wurmfilter von Soubeyran behandelt dezentral das Abwasser eines Gebäudes mit 38 Wohnungen. Dank der Wiederverwendung von aufbereitetem Wasser für Toilettenspülungen und Bewässerung sowie eines sparsamen Umgangs mit Wasser verbrauchen die dort lebenden Menschen 70% weniger Trinkwasser als der Schweizer Durchschnitt. In den Jahren 2022 und 2023 wurde die Leistung der Anlage bewertet: Abbau von BSBs, CSB und Schwebstoffen um mehr als 97%, Elimination von 15 organischen Mikroverunreinigungen um über 91% und durchschnittliche Reduktion von *E. coli* um 3,67 log-Stufen. Auch wenn die Elimination von Stickstoff und Phosphor nach wie vor begrenzt ist, würden Verbesserungen wie die Urinseparierung die Konzentration dieser Nährstoffe verringern und die Verwertung erleichtern. Das Pilotprojekt liefert wichtige Erkenntnisse für den Betrieb, die Optimierung und die Wartung von Wurmfiltern, die jetzt in neue städtische Projekte integriert werden.

CONTEXTE

Au début des années 2000, le biologiste *Philippe Morier-Genoud* s'est lancé dans la recherche et le développement d'un système décentralisé de traitement des eaux usées utilisant des lombriciens. Ce système, nommé lombrifiltre, est inspiré de la nature, peu coûteux et peu énergivore. Les premières installations de lombrifiltre ont vu le jour en Suisse, à l'échelle d'une résidence secondaire en 2007, puis d'une laiterie en 2008. Par la suite, il a continué à installer quelques petites unités dans les régions rurales alentours.

En 2015, la coopérative d'habitation genevoise *Équilibre* cherchait une solution pour non seulement traiter les eaux usées sur site, mais aussi permettre leur réutilisation pour les chasses d'eau et l'arrosage dans son futur bâtiment. Équilibre a sollicité Philippe Morier-Genoud en posant la question suivante: la lombrifiltration pouvait-elle fonctionner à grande échelle, en milieu urbain et pour un immeuble de 38 appartements? La seule manière de le savoir était d'essayer. C'est ainsi que le lombrifiltre de Soubeyran a été inauguré en janvier 2017 (fig. 1). Depuis 2020, l'association *aneco*, dont Philippe Morier-Genoud est l'un des membres fondateurs, gère cette installation et continue de développer ces systèmes en Suisse. Toutefois, une question demeurait: le lombrifiltre fonctionne-t-il vraiment?

Contact: kayla@an-eco.ch

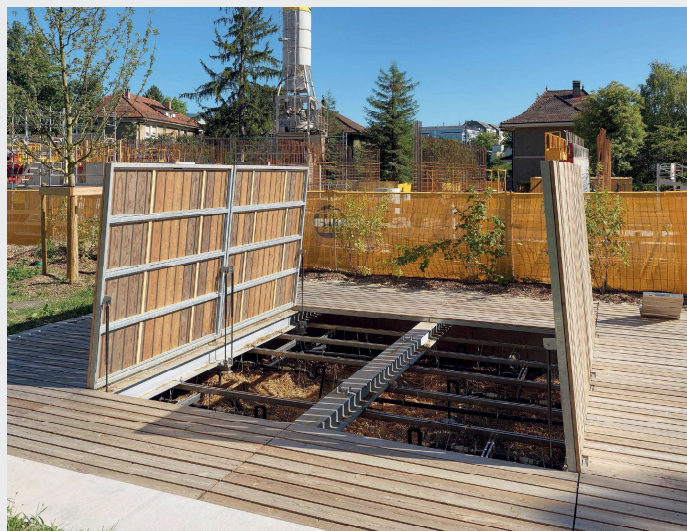


Fig. 1 À gauche: terrasse en bois qui couvre la fosse de traitement. À droite: lombrifiltre des eaux noires au moment de l'inauguration. (Photo de gauche par Annik Wetter, photo de droite par Equilibre)

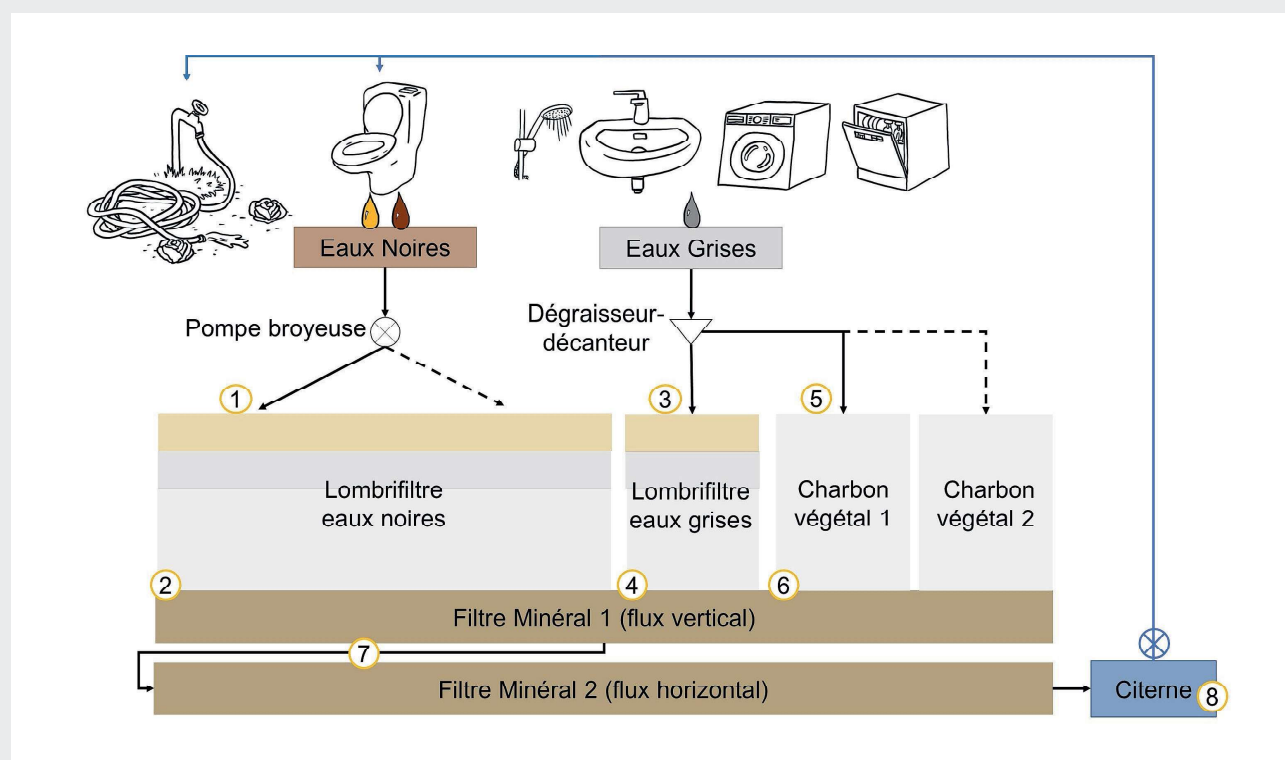


Fig. 2 Schéma de l'installation décentralisée de traitement des eaux usées à Soubeyran durant la période d'analyse. Les numéros 1 à 8 indiquent les points d'échantillonnage étudiés. (Illustrations: Maud Oihénart)

C'est précisément celle à laquelle *Kayla Coppens* a tenté de répondre dans le cadre de sa recherche doctorale lancée en 2022 avec l'Université de Genève et l'Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau (Eawag).

LE SYSTÈME DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

CONCEPTION ET FONCTIONNEMENT

L'installation décentralisée de Soubeyran traite en moyenne $7,0 \pm 1,5 \text{ m}^3$ d'eaux

usées par jour, provenant de 38 appartements et divers commerces situés au rez-de-chaussée [1]. La figure 2 présente un schéma simplifié de l'installation, qui se trouve dans une fosse bétonnée recouverte d'une terrasse en bois située dans l'espace extérieur du bâtiment (80 m^2 , 3 m de profondeur). Afin d'optimiser le traitement, les eaux noires (issues des toilettes) et les eaux grises (provenant des cuisines, machines à laver, douches et lavabos) sont séparées à la source et traitées par une étape primaire adaptée à leur qualité.

Les eaux noires de 112 équivalents-habitants sont acheminées par gravité vers une fosse de relevage. Celles-ci sont ensuite broyées et pompées vers le lombrifiltre des eaux noires ayant une surface totale de 44 m^2 et une hauteur de 0,9 m. Cependant, seulement une moitié du filtre (22 m^2) est alimentée à la fois, et l'alimentation change de côté toutes les quatre à six semaines.

Les eaux grises de 100 équivalents-habitants s'écoulent par gravité vers une étape de pré-traitement: le dégrais-

seur-décanteur (fig. 2). Les eaux grises du salon de coiffure et de la brasserie au rez-de-chaussée ne sont pas traitées par l'installation décentralisée en raison du risque lié à l'utilisation de produits néfastes pour le système biologique [2]. À partir du dégraisseur-décanteur, les eaux grises clarifiées sont relevées vers un des deux filtres à charbon végétal, chacun ayant une surface de 6,2 m² et une hauteur de 0,9 m. Les filtres sont alimentés en alternance tous les 3,5 jours. Les boues décantées au fond du dégraisseur sont pompées vers le lombrifiltre des eaux grises, ayant une surface totale de 0,8 m². Les graisses flottantes sont retirées manuellement tous les 4 mois et déposées sur le lombrifiltre des eaux noires. Après ces trois étapes de traitement primaires (le lombrifiltre des eaux noires, le lombrifiltre des boues décantées, et les filtres à charbon végétal pour les eaux grises clarifiées), les eaux passent par deux filtres minéraux disposés en série pour le post-traitement: le premier à flux vertical, le second à flux horizontal. L'eau traitée est stockée dans une citerne de 26 m³ puis utilisée pour les chasses d'eau et l'arrosage. Le *tableau 1* présente la qualité des affluents des trois étapes primaires du traitement. Les deux lombrifiltres – l'un dédié aux eaux noires, l'autre aux boues décantées des eaux grises – sont constitués d'une couche de compost d'environ 0,2 m de profondeur, composée de lombricompost inoculé avec les espèces de lombriciens *Eisenia fetida* et *Dendrobaena veneta*. Cette couche de litière retient les matières solides, agissant comme un filtre mécanique. Les solides ainsi piégés sont ensuite dégradés par les lombriciens et autres organismes décomposeurs, ce qui maintient la conductivité hydraulique du milieu en limitant le colmatage. Sous cette couche, on trouve successivement une couche de charbon végétal fin (0,2 m

de profondeur, granulométrie: 0–5 mm), puis une couche de charbon végétal grossier (0,5 m de profondeur, granulométrie: 10–30 mm). Le charbon végétal a été choisi pour (1) sa stabilité – il se dégrade peu dans le temps – et pour (2) sa capacité à servir d'habitat optimal pour les biofilms microbiens. Les filtres minéraux sont constitués, de haut en bas, de quatre couches de gravier de 0,2 m chacune, avec des granulométries successives de 4–8 mm, 2–4 mm, 1–2 mm puis 0,5–1 mm.

ÉVOLUTIONS DEPUIS LA MISE EN SERVICE

Depuis sa mise en service en 2017, l'installation de Soubeyran a connu plusieurs adaptations visant à améliorer ses performances et à optimiser la conception du système. À l'origine, deux lombrifiltres étaient utilisés pour le traitement des eaux grises. Cependant, des colmatages récurrents ont été observés, ce qui a conduit, en 2021, à l'ajout d'un dégraisseur en amont de cette filière. À cette occasion, les lombrifiltres des eaux grises ont été transformés en filtres constitués uniquement de charbon végétal: la couche de compost a été retirée, jugée inutile compte tenu de la faible charge en matières solides des eaux grises pré-dégraissées. Entre 2021 et 2022, les copeaux de bois et la sciure utilisés initialement dans les lombrifiltres ont également été remplacés par du charbon végétal, à la suite de la détection de colmatages. Enfin, en 2022, le système de distribution des eaux noires a été optimisé en doublant le nombre de points d'aspersion afin d'améliorer la répartition des flux sur la surface du filtre. Ces ajustements successifs illustrent la valeur de cette installation pilote comme laboratoire à échelle réelle. L'installation pilote a permis d'acquérir des connaissances essentielles sur le fonctionnement et la maintenance des lombrifiltres, aujourd'hui intégrées dans la conception des nouvelles installations en Suisse.

PERFORMANCE DU TRAITEMENT

Depuis 2017, un projet de master ainsi que le suivi semestriel de l'effluent final du système de traitement décentralisé de Soubeyran ont indiqué un respect global des normes de traitement [3]. Toutefois, ces analyses ne portaient que sur un nombre limité de paramètres et ne permettaient pas d'évaluer la performance des différentes étapes du système de traitement. Le projet de recherche lancé en 2022 comble cette lacune: il examine en détail le fonctionnement de chaque étape primaire, y compris les deux lombrifiltres. Pour quantifier l'efficacité de chaque étape du système, une campagne d'échantillonnage a été menée entre novembre 2022 et août 2023, de manière à couvrir aussi bien la saison froide que la saison chaude. Les analyses ont porté à la fois sur les flux entrants: les eaux noires (*point 1*, fig. 2), les eaux grises clarifiées (*point 5*) et les boues du dégraisseur (*point 3*), ainsi que sur les effluents prélevés après chaque étape de traitement. Des échantillons composites sur 24 heures ont été collectés lors de six journées: les 29 novembre 2022, 13 décembre 2022, 24 janvier 2023, 14 juin 2023, 19 juillet 2023 et 16 août 2023. Seuls les résultats principaux sont présentés ici; les résultats complets de cette étude se trouvent dans deux publications scientifiques: *Performance analysis and impact of operating conditions on the treatment capacity of two full-scale vermifilters* (<https://rb.gy/72dwik>) et *Evaluation of vermifilter-treated domestic wastewater for irrigation and fertigation: opportunities and challenges for implementation* (<https://rb.gy/sq5h4u>).

ABATTEMENT DES SOLIDES, DE LA MATIÈRE ORGANIQUE ET DES NUTRIMENTS

Les résultats confirment la capacité de l'installation à assurer une épuration performante et stable des eaux usées (*tab. 2*). En effet, le taux d'abattement dépasse 97% pour la demande biologique en oxygène (DBO₅), la demande chimique en oxygène (DCO), et les matières en suspension (MES), et sont plus élevés que ceux observés dans la plupart des systèmes centralisés. L'installation n'a pas été conçue pour éliminer les nutriments (azote et phosphore), raison pour laquelle leur abattement reste limité, inférieur à 30%. Au cours de la période d'étude, la qualité des effluents après les étapes primaires

	Charge hydraulique (m³/jour)	Surface (m²)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	N _{tot} (mg/l)	P _{tot} (mg/l)
Lombrifiltre des eaux noires (1)	1,5 ± 0,3	44	2581 ± 1036	1698 ± 560	320 ± 48	44 ± 14
Lombrifiltre pour les boues du dégraisseur (3)	0,4 ± 0,4	0,80	368 ± 44	99 ± 48	14 ± 7	1 ± 0
Filtres à charbon végétal Pour les eaux grises clarifiées (5)	5,2 ± 0,9	2 x 6,15	1041 ± 419	728 ± 675	34 ± 25	3 ± 2

Tab. 1 Charge hydraulique et surface pour les trois étapes primaires de traitements (les deux lombrifiltres et les filtres à charbon végétal) et paramètres de qualité des affluents: demande chimique en oxygène (DCO), matière en suspension (MES), azote total (N_{tot}) et phosphore total (P_{tot}). Les numéros entre parenthèses indiquent les points d'échantillonnages mentionnés dans la figure 2.

	Taux d'abattement [%]		Qualité de l'effluent (moyenne ± l'écart type, mg/l)					Normes (mg/l)	
	LF Eaux Noires (1-2)	Installation entière (1/3/5-8)	LF Eaux Noires (2)	LF Eaux Grises (4)	FC Eaux Grises (6)	1 ^{er} filtre minérale (7)	2 ^{ème} filtre minérale (Citerne) (8)	OEaux ¹	VSA ²
DBO ₅	82,0 ± 21,7	99,4 ± NA	98,0 ± 24,4	10,0 ± 2,6	NA	9,0 ± 3,6	2,7 ± 1,2	20 (90%)	20
DCO	83,8 ± 12,4	97,4 ± 0,8	337,4 ± 115,0	164,2 ± 204,2	147,2 ± 86,6	43,3 ± 10,1	21,3 ± 4,4	60 (85%)	60
MES	95,2 ± 3,4	99,4 ± 0,3	88,4 ± 65,9	32,7 ± 12,7	67,3 ± 37,1	17,7 ± 14,2	2,5 ± 0,3	20 (NA)	20
COD	50,7 ± 5,0	87,4 ± 5,0	61,4 ± 10,8	6,5 ± 1,7	12,8 ± 10,4	14,1 ± 0,9	8,5 ± 0,4	10* (85%)	10
N _{tot}	17,1 ± 9,0	21,2 ± 10,4	262,2 ± 19,7	7,4 ± 1,1	9,7 ± 9,4	68,5 ± 19,4	61,4 ± 8,9	–	–
NH ₄ -N	50,0 ± 18,6	99,9 ± 0,0	285,5 ± 32,3	0,4 ± 0,3	3,0 ± 3,0	9,4 ± 6,1	0,024 ± 0,025	2 (90%)	3
P _{tot}	18,6 ± 38,7	2,3 ± 37,4	44,4 ± 13,7	1,3 ± 0,3	1,0 ± 0,4	10,0 ± 1,7	9,1 ± 1,4	0,8** (80%)	–

¹ OEaux R.S. 814.201, pour >200 EH. Pour ces normes, la qualité ainsi que le taux d'abattement (entre parenthèses) sont donnés.

² Valeurs VSA STEP de moins de 200 EH avec nitrification; Mémento A04

* Seulement pour des installations de plus de 2000 EH

** Seulement applicable pour les eaux traitées qui sont déversées dans des eaux sensibles.

Tab. 2 Taux d'abattement (%) et qualité moyenne ± l'écart type (mg/l). Les normes sont exprimées en mg/l et, pour les normes OEaux, les taux d'abattement correspondants sont indiqués entre parenthèses. Les numéros entre parenthèses font référence à la position d'échantillonnage dans la fig. 2. LF désigne le lombrifiltre et FC le filtre à charbon végétal. Valeurs en vert: conformité totale; valeurs en jaune: certaines mesures individuelles dépassent les normes, bien que la moyenne soit conforme; cases blanches: soit une non-conformité, soit l'absence de norme pour le paramètre considéré.

(lombrifiltres et filtres à charbon végétal) ne respectait pas les normes suisses de rejet et présentait des taux d'abattement variables. En revanche, après passage sur les deux filtres minéraux, les performances de traitement se sont révélées beaucoup plus stables, avec des variations inférieures à 1% pour la DCO, les MES et l'ammonium. Cela démontre l'importance du post-traitement des effluents des lombrifiltres afin d'atteindre une qualité d'effluent conforme aux normes de rejet. Il est à noter que, malgré des températures extérieures oscillant entre -6 °C et 39 °C, la qualité de l'effluent final est aussi restée stable, et a respecté l'ensemble des normes de rejet de l'ordonnance sur la protection des eaux (CEaux) et du VSA dans 100% des cas (tab. 2). L'absence d'impact apparent de la température extérieure est probablement due à un tampon thermique suffisant: la couche de compost restant en moyenne 8,7 ± 3,5 °C plus chaude que l'air ambiant, vraisemblablement grâce à l'effet isolant de la paille, à l'enfouissement du lombrifiltre et à la chaleur apportée par les eaux usées.

ABATTEMENT DES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES ET DES MICROPLASTIQUES

La performance de l'installation de Soubeyran a également été évaluée d'élimination des micropolluants organiques

(MPO): 52 produits pharmaceutiques et phytosanitaires courants dans les eaux domestiques ont été mesurés, ainsi que des microplastiques.

Parmi les 52 MPO analysés, 15 ont été détectés dans au moins 60% des échantillons des affluents. Pour l'ensemble des 15 MPO, l'abattement moyen s'élevait à 91 ± 15% pour l'installation complète et à 72 ± 34% pour le lombrifiltre des eaux noires (tab. 3). De ces 15 MPO, 5 (benzotriazole, diclofénac, irbésartan, tolytriazole et venlafaxine) font partie des substances indicatrices selon la loi suisse sur la protection des eaux (LEaux), qui impose un abattement moyen d'au moins 80% pour les grandes stations d'épuration centralisées [4, 5]. À Soubeyran, l'abattement moyen de ces 5 MPO était 85 ± 15% pour l'installation complète.

Les microplastiques de taille supérieure à 500µm ont été quantifiés dans la citerne d'eau traitée. La concentration observée était de 0,07 particule par litre. À titre de comparaison, Borboën [6] rapporte une concentration moyenne de 0,1 particule par litre dans l'effluent d'une station d'épuration centralisée à Genève. Bien que la concentration en microplastiques de l'affluent n'ait pas été mesurée, en utilisant les valeurs typiques observées dans les eaux domestiques [7], l'abattement estimé pourrait se situer entre 97 et 99%.

VALORISATION DES EAUX TRAITÉES

RÉDUCTION DE LA DEMANDE EN EAU POTABLE

Grâce à l'utilisation de machines à laver, robinets et toilettes très économes en eau, les habitant-e-s de Soubeyran présentent une consommation moyenne de 69 ± 14 litres par personne et par jour, soit environ 50% de moins que la moyenne suisse. De ces 69 litres, 28 proviennent des eaux usées traitées. Les habitants utilisent donc seulement 41 litres d'eau potable par personne et par jour, soit près de 70% de moins qu'un ménage moyen. Cela correspond à environ 4000 m³ d'eau potable économisée chaque année pour l'ensemble du bâtiment.

Actuellement, environ 30% de l'eau traitée est effectivement réutilisée pour les chasses d'eau et l'arrosage, le reste étant déversé dans le réseau unitaire à défaut de réseau d'eau pluviale. Afin de réduire les volumes d'eau traitée à acheminer vers la station d'épuration centralisée, d'autres possibilités de réutilisation devraient être explorées.

POTENTIEL DE RÉUTILISATION POUR L'IRRIGATION

En l'absence de normes suisses pour la réutilisation des eaux traitées pour l'irrigation, la qualité de l'effluent de l'instal-

	Lombrifiltre Eaux Noires [1-2]	Lombrifiltre Eaux Grises [3-4]	Filtres à charbon végétal [5-6]	Système complet [1/3/5-8]	STEP centralisée*
Acésulfame	45 ± 39% (5/5)	47 ± 47% (5/5)	16 ± 28% (3/3)	99 ± 1% (5/5)	95 ± 1%
Benzotriazole	99 ± 1% (4/5)	84 ± 14% (3/5)	67 ± 18% (2/3)	96 ± 3% (4/5)	66 ± 3%
BPA	96 ± 4% (3/5)	95 ± 7% (2/5)	93 ± NA% (1/3)	99 ± 2% (4/5)	NA
Caffeine	94 ± 5% (4/5)	84 ± 27% (4/5)	96 ± 1% (2/3)	100 ± 0% (4/5)	NA
Cotinin	70 ± 31% (5/5)	92 ± 6% (3/5)	48 ± 18% (3/3)	100 ± 0% (5/5)	NA
Cyclamate	70 ± 33% (4/5)	-8 ± NA (1/5)	56 ± 0% (2/3)	100 ± 0% (4/5)	NA
DEET (Diethyltoluamide)	92 ± 3% (3/5)	88 ± 2% (5/5)	44 ± 29% (3/3)	91 ± 12% (5/5)	96 ± 1%
Diclofénac	84 ± NA (1/5)	91 ± 3% (3/5)	57 ± 24% (3/3)	86 ± 14% (5/5)	22 ± 8%
Érythromycine	NA (0/5)	87 ± 18% (2/5)	41 ± 10% (2/3)	94 ± 9% (4/5)	NA
Ibuprofen	99 ± 2% (4/5)	99 ± 2% (3/5)	66 ± 33% (2/3)	100 ± 0% (4/5)	NA
Irbésartan	46 ± 47% (4/5)	71 ± 2% (2/5)	53 ± 3% (2/3)	80 ± 17% (4/5)	17 ± 18%
Paracétamol	95 ± 10% (5/5)	98 ± 3% (5/5)	65 ± 27% (3/3)	100 ± 0% (5/5)	NA
Sucralose	27 ± 41% (5/5)	17 ± NA (1/5)	12 ± 68% (2/3)	63 ± 21% (5/5)	9 ± 20%
Tolyltriazole	68 ± 31% (2/5)	85 ± NA (1/5)	38 ± NA (1/3)	79 ± 31% (3/5)	NA
Venlafaxine	56 ± 4% (3/5)	NA (0/5)	NA (0/3)	80 ± 4% (3/5)	4 ± 15%

* Valeurs de Bourgin, M. et al. [2018]: Evaluation of a full-scale wastewater treatment plant upgraded with ozonation and biological post-treatments: Abatement of micropollutants, formation of transformation products and oxidation by-products. Water Research 129: 486-498 [4].

Tab. 3 Abattement moyen dans les étapes primaires et dans l’installation complète pour 15 micropolluants organiques détectés dans ≥ 60% des échantillons entrants, ± écart type. Les numéros entre parenthèses indiquent la position d’échantillonnage (fig. 2), et le nombre de détections/nombre d’analyses est précisé pour chaque micropolluant. Les micropolluants soulignés en gris sont issus de la LEaux.

lation de Soubeyran a été évaluée à l’aide de plusieurs cadres de référence internationaux: le rapport de la Commission européenne intitulé *Minimum Quality Requirements for Water Reuse in Agricultural Irrigation and Aquifer Recharge* [8], le guide *Water Quality for Agriculture* de la FAO [9], ainsi que les lignes directrices de l’Organisation mondiale de la santé (OMS) pour l’utilisation sûre des eaux usées et des eaux grises [10]. L’effluent final respectait la majorité des critères pour l’irrigation, à l’exception des concentrations en nitrates et en *E. coli*. Bien que la réduction moyenne de la concentration d’*E. coli* ait été de 3,67 log [11], supérieure à celle observée dans la plupart des stations d’épuration conventionnelles (1 à 3 log [12]), l’eau traitée dans la citerne était de classe D, convenant à l’irrigation de cultures industrielles, énergétiques ou de semis selon la classification européenne. Sans cette contrainte liée aux bactéries *E. coli*, la qualité finale correspondrait à la classe A, utilisable pour toutes les cultures et tous les modes d’irrigation. Avec un traitement complémentaire de désinfection et sous certaines précautions, telles que le suivi des nutriments et de la salinité, les eaux traitées de l’installation de Soubeyran pourraient être utilisées pour l’irrigation.

Néanmoins, compte tenu du volume modeste d’eau traitée par l’installation (7 m³/j) et du contexte urbain de Soubeyran, une

réutilisation agricole reste limitée, tant en termes de quantité que de distribution. Toutefois, ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes pour des projets futurs situés à proximité de zones agricoles. Dans un contexte urbain, comme celui de Soubeyran, d’autres usages pourraient être envisagés, tels que le remplissage des balayeuses de voirie, le nettoyage des canalisations ou l’arrosage urbain [13].

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L’objectif d’Équilibre avec la mise en place du système décentralisé de traitement des eaux usées par lombrifiltration à Soubeyran était de disposer d’une installation simple, peu coûteuse et efficace. L’installation, toujours en fonction aujourd’hui, a été pensée pour consommer peu d’énergie et demander peu d’entretien, tout en permettant de réutiliser les eaux traitées sur place. Après ces 9 ans d’utilisation, le lombrifiltre a pleinement démontré ses qualités, à savoir:

- Une qualité d’effluent conforme aux standards actuels de traitement des eaux usées;
- Un abattement élevé des micropolluants organiques tels que les produits phytosanitaires et les composés pharmaceutiques;
- Une forte sobriété énergétique et chimique en comparaison

aux autres technologies disponibles sur le marché.

L'expérience de Soubeyran démontre qu'une gestion décentralisée et circulaire des eaux usées est également économiquement intéressante: le prototype a coûté environ 3500 francs par habitant pour l'installation et 175 francs par habitant par an pour l'exploitation, nettement moins que les infrastructures centralisées suisses, estimées à 10 000 francs par habitant pour l'investissement et 200 francs par habitant par an pour l'exploitation [14]. Bien que ces résultats soient très prometteurs, ils mettent également en évidence certaines limites de l'installation, notamment la concentration résiduelle de nutriments et de pathogènes dans l'effluent. Pour améliorer la qualité de l'effluent, la séparation des urines, qui concentrent jusqu'à 90% de l'azote total et 80% du phosphore total des eaux usées domestiques [15], permettrait d'optimiser les performances de traitement et de valoriser plus efficacement ces nutriments à la source. C'est précisément ce principe qui a été appliqué dans un lombrifiltre mis en service en août 2025 dans la coopérative d'habitation *La Bistoquette* à Plan-les-Ouates (GE), pour 330 personnes. Un traitement complémentaire de désinfection serait également intéressant afin d'élargir les possibilités de réutilisation des eaux traitées.

Bien que la lombrifiltration reste aujourd'hui cantonnée au statut de projet pilote en Suisse, le canton de Genève se distingue comme précurseur dans le traitement et la réutilisation décentralisés des eaux usées: huit projets pilotes de lombrifiltration en milieu urbain ont été autorisés dont trois sont déjà en fonction. Cela illustre un intérêt croissant pour cette approche et confirme les tendances mises en évidence par une récente étude de l'Eawag signalant une volonté accrue des cantons d'aller vers une gestion plus circulaire de l'eau [16]. Cette dynamique

montre que la lombrifiltration est progressivement perçue comme une option viable dans le paysage de l'assainissement urbain. Toutefois, le passage à une mise en œuvre plus large requiert deux conditions essentielles pour le déploiement de modèles d'assainissement circulaire: (1) l'atteinte d'un niveau de qualité des eaux rejetées qui correspond aux normes genevoises et (2) l'établissement d'un cadre réglementaire clair pour la réutilisation de l'eau en milieu bâti. Dans cette perspective, à Genève, un groupe de travail réunissant les offices cantonaux concernés (OCEau, OCAN, OCEV, DGS), des instituts de recherche (Eawag, HEPIA), le VSA et le réseau *ValLoo*, se réunit depuis 2023 afin de définir un cadre durable pour ces installations décentralisées et étudier les possibilités de gestion de l'eau plus résiliente pour les années à venir.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Coppens, K. et al. (2025): Performance analysis and impact of operating conditions on the treatment capacity of two full-scale vermifilters. *Journal of Environmental Management* 391. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126328>
- [2] Dayer, P.; Morier-Genoud, P. (2020): Traitement décentralisé pour habitat urbain. *Aqua & Gas* 2/2020: 58–63
- [3] Coppens, K. (2018): Wastewater filtration using vermicomposting – an analysis of a pilot study in Geneva. Master's thesis. University of Geneva, p. 107
- [4] Bourgin, M. et al. (2018): Evaluation of a full-scale wastewater treatment plant upgraded with ozonation and biological post-treatments: Abatement of micropollutants, formation of transformation products and oxidation by-products. *Water Research* 129: 486–498. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.10.036>
- [5] FOEN (2015): Qualité de l'eau: révision de l'ordonnance sur la protection des eaux. Available from: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/formation/communiqués.msg-id-59323.html> [last accessed on 23.01.2025]
- [6] Borboën, D. (2022): Microplastiques et filières de traitement des eaux usées: étude des effluents de la station d'épuration d'Aire à Genève. Master's thesis. University of Geneva
- [7] Nandakumar, V.-K. et al. (2022): Interactions between microplastics and unit processes of wastewater treatment plants: a critical review. *Water Sci Technol* 85(1): 496–514. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.502>
- [8] Alcalde-Sanz, L.; Gawlik, B.-M. (2017): Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge – Towards a legal instrument on water reuse at EU level. *EUR 28962 EN*. Available from: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/972261>
- [9] Ayers, R.-S.; Westcot, D.W. (1985): *Water quality for agriculture*. FAO, Rome. Available at: <http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E00.htm>
- [10] WHO (2006): *Global water quality guidelines for safe use of wastewater, excreta, and greywater*. Geneva: World Health Organization. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9241546859>
- [11] Coppens, K. et al. (2025): Evaluation of vermifilter-treated domestic wastewater for irrigation and fertigation: opportunities and challenges for implementation. *Journal of Water Process Engineering* 77. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.108295>
- [12] van Heijnsbergen, E. et al. (2022): (Antibiotic-Resistant) *E. coli* in the Dutch-German Vecht Catchment: Monitoring and Modeling. *Environ Sci Technol* 56(21): 15064–15073. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c00218>
- [13] Rossi, L. (2025): Revaloriser, réutiliser. *Reflets* 1/2025: 7
- [14] Molineaux, B. et al. (2021): *Des toilettes à compost en milieu urbain? C'est possible! Equilibre*, Geneva, p. 55. Available from: <https://www.cooperative-equilibre.ch/wp/wp-content/uploads/2021/06/DOC-SANITAIRES-EQUILIBRE.pdf>
- [15] Sohn, W. et al. (2023): Nutrients in a circular economy: Role of urine separation and treatment. *Desalination* 560. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2023.116663>
- [16] Knabl, M. et al. (2024): *Wasserwiederverwendung in der Schweiz. Bedarf, Chancen, Risiken und abgeleitete Handlungsempfehlungen für Verantwortliche*. Eawag, Dübendorf. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000715517>

VSA - EcoBox

Taschenbecher

Cendrier de poche | Un bicchiere tascabile

Zigarettenstummel sind in Gewässern bereits in kleinsten Mengen tödlich für Fische und andere Wasserorganismen. Mit der kleinen «VSA-EcoBox» alias «Taschenbecher» können unnötige Gewässerverschmutzungen verhindert werden.

