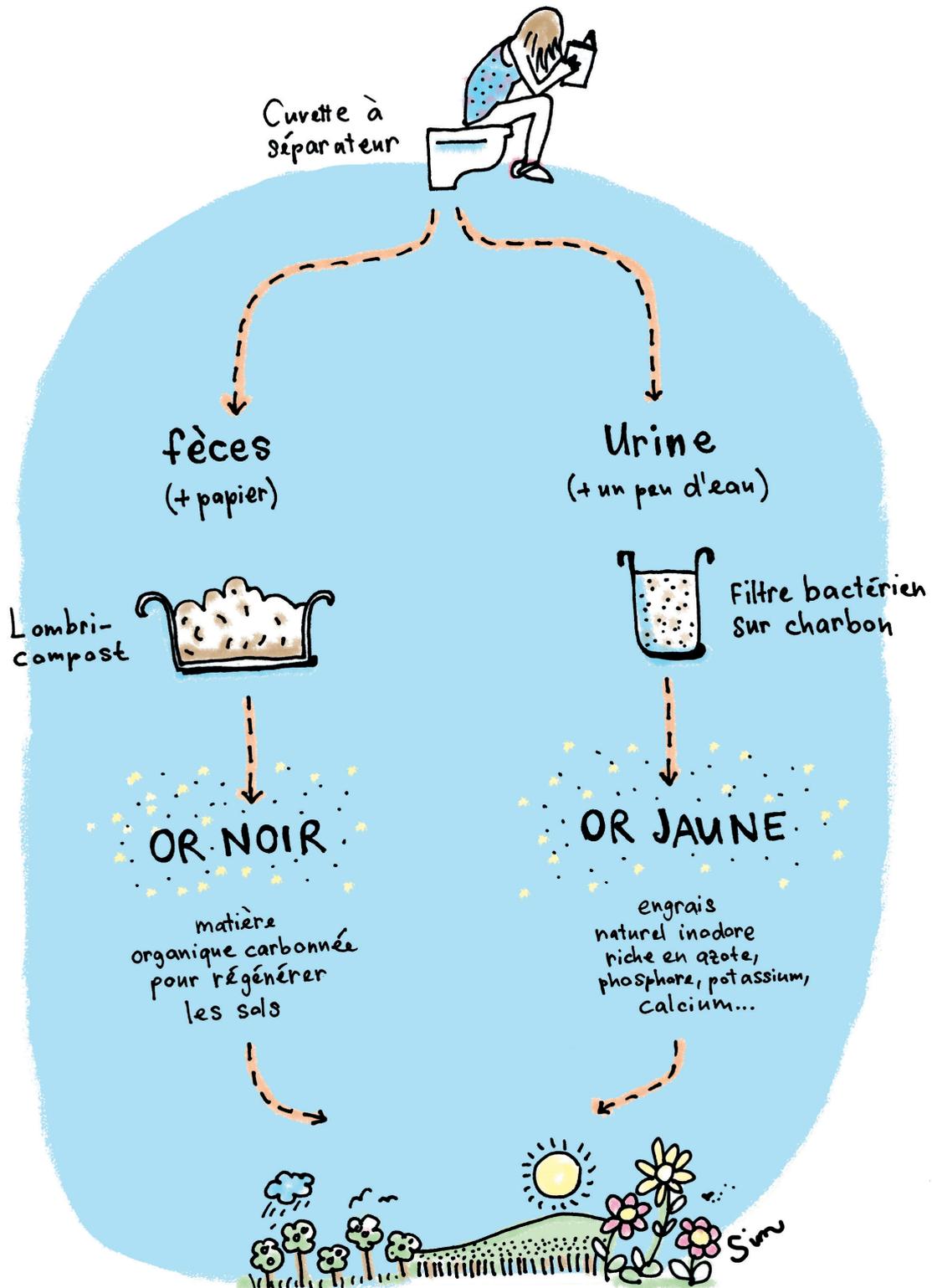


DES TOILETTES À COMPOST EN MILIEU URBAIN? C'EST POSSIBLE!

Notice à l'intention des maîtres d'ouvrage

Retour sur dix ans d'expériences en situation réelle dans trois projets de la coopérative Équilibre



DES TOILETTES À COMPOST EN MILIEU URBAIN? **C'EST POSSIBLE!**

**Retour sur dix ans d'expériences en situation réelle
dans trois projets de la coopérative Équilibre**

Notice à l'intention des maîtres d'ouvrage

Benoît Molineaux, Pauline Dayer
Philippe Morier-Genoud, Ralph Thielen
Olivier Krumm et Uli Amos

Mai 2021

Table des matières

1 Introduction	3	4 Les «Cacarrouels» de l'écoquartier des Vergers à Meyrin	33
Enjeux locaux et globaux	4	Situation de départ	33
Des systèmes qui s'inspirent des cycles naturels	6	Expériences similaires dans le monde	34
Faut-il séparer urine et fèces à la source ?	7	Principe de fonctionnement du cacarrouel	35
Ces systèmes d'assainissement écologiques sont-ils généralisables à grande échelle ?	7	Description & dimensionnement	36
2 Lombricomposteurs individuels dans un immeuble de treize logements à Cressy	9	Entretien, maintenance et vidange	37
Situation de départ	9	Aération & odeurs	38
Principe de fonctionnement	10	Surcoûts	38
Expériences similaires dans le monde	12	Contraintes techniques et architecturales	39
Description & dimensionnement	13	Production de compost	40
Entretien, maintenance et vidange	14	Retour d'expérience après deux à quatre ans	40
Aération & odeurs	15	5 Production d'engrais «pitribon» à partir de l'urine compostée sur charbon	43
Surcoûts	15	Situation de départ	43
Contraintes techniques et architecturales	17	L'urine en tant qu'engrais	43
Production de compost et d'engrais	18	Principes de fonctionnement	44
Retour d'expérience après neuf ans	19	Expériences similaires dans le monde	45
3 Station d'épuration à lombri-compostage pour 38 logements à Soubeyran (GE)	21	Description & dimensionnement	46
Situation de départ	21	Entretien, maintenance et vidange	47
Principes de fonctionnement	22	Aération & odeurs	48
Expériences similaires dans le monde	24	Surcoûts	48
Description & dimensionnement	24	Contraintes techniques et architecturales	49
Entretien, maintenance et vidange	28	Analyses et résultats	49
Aération & odeurs	28	Expériences avec l'engrais	50
Surcoûts	29	Retour d'expérience après un an	50
Contraintes techniques et architecturales	30	6 Synthèse et conclusions	51
Production de compost	30	Comparaison avec le tout-à-l'égout	51
Analyses et résultats	30	Conclusions	55
Retour d'expérience après trois ans	31	Remerciements	55

Introduction

Présentation du document et de la démarche

Ce document présente des systèmes d'assainissement autonomes qui ont été testés en milieu urbain avec un certain succès. Ces systèmes se basent sur une décomposition naturelle des excréments liquides et solides par lombricompostage et filtres à charbon. Par rapport au système du « tout-à-l'égout », ils ont de nombreux avantages : i) moins coûteux ; ii) moins gourmands en ressources (eau, énergie) ; iii) moins polluants pour les cours d'eau ; iv) plus faciles à mettre en œuvre en particulier pour les pays peu ou pas industrialisés et enfin v) ils produisent du compost et de l'engrais qui pourraient à terme remplacer les engrais de synthèse énergivores utilisés par l'agro-industrie.

La coopérative Équilibre installe et expérimente depuis bientôt dix ans divers systèmes d'assainissement écologique à Genève (Suisse), avec l'aide de ses habitantes sensibilisées au préalable. En particulier, deux systèmes de toilettes avec lombricompostage ont été testés pendant plusieurs années auprès de centaines d'utilisateurs et nous sommes convaincus qu'ils sont quasiment prêts pour être reproduits à plus grande échelle.

Afin de permettre à d'autres maîtres d'ouvrage d'équiper leurs immeubles, ces deux systèmes éprouvés sont décrits dans la présente notice. Le premier – bien adapté pour un petit immeuble de trois niveaux – fonctionne dans un immeuble à Cressy sur la commune de Confignon (13 logements habités depuis 2011). Il rencontre l'unanimité des habitantes au niveau du confort d'utilisation et de l'entretien. Le deuxième est adapté pour de plus gros immeubles. Il fonctionne depuis 2017 dans un immeuble à Soubeyran en ville de Genève (38 logements sur six niveaux). Il est en passe d'être installé dans plusieurs autres sites en Suisse.

Un troisième système – encore en phase expérimentale avant de pouvoir être déployé à grand échelle – a été installé dans nos immeubles aux Vergers à Meyrin. Il présente l'avantage d'être plus facilement adaptable à un immeuble existant. Nous mentionnons également d'autres systèmes à titre d'information, bien que ce document n'ait pas la prétention d'être exhaustif, ni rigoureux du point de vue scientifique. Il s'agit plutôt d'une aide à la décision pour les maîtres d'ouvrage qui s'intéressent à la question de l'assainissement écologique.

Dans ce document, nous présentons principalement les systèmes de traitement des eaux noires, contenant urine et fèces. Nous n'abordons ici que très brièvement le traitement des eaux grises (issues des éviers, lavabos, douches et machines à laver), qui pourraient faire l'objet d'un autre rapport. Nous présentons également un début d'expérience avec le traitement des « eaux jaunes », contenant uniquement l'urine non souillée par les fèces.

Le but de notre coopérative n'est autre que de contribuer à réduire l'impact des activités humaines sur les ressources naturelles¹. Dans ce contexte, l'étude et la diffusion de systèmes d'assainissement écologique nous paraît incontournable. Parmi les enjeux qui nous ont amenés à faire ce constat, les principaux sont décrits ci-après.

Ce dossier est pensé de manière inclusive. Ainsi, le choix a été pris de privilégier le genre féminin quand on parle des habitantes alors que la rédaction au masculin a été utilisée par ailleurs pour faciliter la lecture du texte.

1 Le nom « Équilibre » est directement inspiré de l'article 73 de la Constitution de la Confédération helvétique sur le Développement durable : « La confédération et les cantons œuvrent à l'établissement d'un **équilibre** durable entre la nature, en particulier sa capacité de renouvellement, et son utilisation par l'être humain ».

Enjeux locaux et globaux

Le système du tout-à-l'égout nous donne l'illusion de faire disparaître nos excréments. À force de l'installer systématiquement dans nos pays riches, il aurait tendance à faire disparaître les enjeux avec l'eau des WC. Or, les enjeux sont immenses. Ils concernent des besoins essentiels tels que la santé, l'alimentation ou l'accessibilité à l'eau potable. Dès lors, améliorer nos systèmes d'assainissement en valorisant les nutriments qui se trouvent dans nos déjections est tout simplement une question de survie pour l'humanité.

Enjeux à caractère écologique

Correctement transformés, nos excréments sont une source d'éléments nutritifs pour le sol et les plantes (azote, potassium, phosphore, calcium, magnésium), en proportions adaptées aux besoins des plantes et en quantités importantes². Or, la production d'engrais de synthèse repose sur une utilisation massive d'énergies fossiles (et donc à fort impact climatique) et, d'autre part, est en train d'épuiser les dernières sources connues de phosphates faciles à extraire et peu chargés en cadmium³. En parallèle, nous assistons dans le monde à une lente mais inexorable dégradation de la qualité des sols cultivés (et donc de leur capacité à produire de la nourriture), liée aux techniques agricoles utilisées (labours intensifs et intrants chimiques)⁴.

Au lieu de réutiliser nos excréments, nous utilisons un système du tout-à-l'égout qui: i) pollue nos cours d'eau qui finissent par se rejeter dans la mer⁵ et ii) produit des boues en grandes quantités qui sont considérées comme impropres pour l'agriculture sans prouesses technologiques⁶.

En plus de cela, le réchauffement climatique et la surexploitation des sources d'eau douce entraînent une pénurie annoncée dans des régions qui souffrent de stress hydrique, affectant déjà les deux-tiers de la population mondiale⁷. Or, non seulement les systèmes expérimentés par la coopérative Équilibre n'utilisent quasiment pas d'eau, mais ils sont beaucoup moins énergivores (et donc plus respectueux du climat) que le tout-à-l'égout.

En résumé nous pouvons affirmer que les systèmes d'assainissement proposés, diffusés à grande échelle, représentent un gain écologique majeur car: i) ils n'utilisent pas ou très peu d'eau douce; ii) ils pourraient nous rendre indépendants des fertilisants de synthèse; iii) ils pourraient contribuer significativement à la régénération et la dépollution des sols agricoles; iv) ils émettent beaucoup

moins de rejets polluants que les stations d'épuration dans les cours d'eau et enfin v) il s'agit de technologies simples, décentralisées et faciles à mettre en œuvre.

Enjeux à caractère social

L'enjeu majeur au niveau mondial, c'est la santé publique. Actuellement, 80 % environ des eaux usées ne sont peu ou pas traitées et plus de la moitié des êtres humains ne bénéficient pas d'un système d'assainissement adéquat. Associée au manque d'eau potable, cette situation entraîne la mort directe ou indirecte de quelque 800'000 personnes par an (réf. 7).

Dans nos pays riches, l'assainissement écologique décentralisé devient un outil pour reconnecter les humains avec la nature. En effet, le tout-à-l'égout nous donne l'illusion de « faire disparaître » nos excréments – et donc les problèmes qui vont avec – contribuant ainsi à nous déconnecter des cycles naturels comme celui de l'eau, du carbone ou de l'azote. En ce sens, utiliser quotidiennement des toilettes à compost nous aide à comprendre que nous faisons partie de la nature et que, protéger la nature, c'est se protéger soi-même.

2 Voir par exemple le livre de Renaud de Looze « L'urine, de l'or liquide au jardin », éd. de Terran, Juin 2016.

3 Voir par exemple : https://www.lexpress.fr/actualite/societe/environnement/video-l-epuisement-du-phosphore-histoire-d-une-bombe-a-retardement-ecologique_2100081.html

4 Voir document final du COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LA POLLUTION DU SOL Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture | 2-4 MAI 2018 | FAO.

5 Voir par exemple <https://www.rts.ch/info/suisse/9308856-la-plupart-des-stations-d-epuration-depasseraient-les-normes-de-pollution.html>

6 Voir par exemple <https://www.rts.ch/info/sciences-tech/10429103-boues-d-epuration-transformees-en-mineraux-valorisables-et-en-biogaz.html>

7 United Nations world water report 2017. Wastewater: the untapped resource. Disponible ici : <https://reliefweb.int/report/world/2017-un-world-water-development-report-wastewater-untapped-resource>

Enjeux à caractère économique

Dans une économie de marché globalisée, l'opportunité économique pour qui trouvera « la solution » aux problèmes d'assainissement n'a sans doute pas d'équivalent aujourd'hui. En effet, quel autre secteur commercial répond à des besoins aussi fondamentaux de plus de quatre milliards d'individus (qui ne bénéficient pas d'un traitement de l'eau à la fois fiable et accessible) et doit faire face à une concurrence aussi faible ? Bill Gates et plusieurs multinationales ne s'y sont d'ailleurs pas trompés⁸.

La valeur de remplacement des infrastructures d'assainissement centralisées en Suisse s'élève à CHF 80-100 Mrd⁹, soit environ CHF 10'000.-/hab. et les coûts annuels d'exploitation sont estimés à CHF 200.-/an•hab. selon une étude du VSA¹⁰. En comparaison, le système installé à Soubeyran, alors qu'il s'agit d'un prototype ne bénéficiant d'aucune économie d'échelle et sans subvention, a engendré des coûts à l'investissement d'environ CHF 3'500.-/hab. (uniquement les coûts de construction) et des charges d'exploitation d'environ CHF 175.-/an•hab., moyennant un amortissement sur 30 ans (sans tenir compte des économies d'eau).

Pour Cressy, également un prototype, les surcoûts constructifs (hors R&D) sont estimés à environ CHF 2'500.-/hab. à l'investissement et environ CHF 150.-/an•hab. à l'exploitation. Ces deux systèmes traitent également les eaux grises. De substantielles économies d'échelle sont à prévoir dès que ces systèmes seront développés à plus grande échelle.

Ceci dit, pour le maître d'ouvrage qui souhaite équiper son immeuble avec son propre système d'assainissement, l'investissement se trouve répercuté sur les coûts de l'ouvrage, ce qui n'est pas le cas pour le tout-à-l'égout. Par contre, l'investissement pourrait être reporté sur les charges d'immeuble à la place de la taxe et du coût de traitement de l'eau, ce qui devrait permettre un retour sur investissement.

Pour un maître d'ouvrage, la situation est analogue à celle de l'énergie thermique lorsque l'on a le choix entre se brancher sur un réseau de chaleur à distance ou investir pour installer son propre système de production de chaleur (pour autant que l'on puisse bénéficier d'une exonération de taxes sur le traitement des eaux).

8 Voir par exemple <https://www.heidi.news/sante/comment-bill-gates-reinvente-les-toilettes>. Voir aussi <https://www.toiletboard.org>.

9 <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/info-specialistes/mesures-pour-la-protection-des-eaux/epuration-des-eaux-usees/traitement-des-eaux-usees-communales.html>

10 Le VSA est l'Association suisse des professionnels de la protection des eaux. Voir VSA/KI (2011): Coûts et prestations de l'assainissement

Des systèmes qui s'inspirent des cycles naturels

La nature ne produit pas de déchets. Les éléments y sont sans cesse recyclés à travers les cycles naturels comme ceux de l'eau, du carbone ou de l'azote. Une chose qui nous différencie des autres espèces animales, c'est sûrement notre capacité à briser ces cycles. Le changement climatique est lié au dérèglement anthropique du cycle du carbone¹¹, alors que le tout-à-l'égout brise le cycle de l'azote illustré ci-après.

La nature a inventé la vie organique, des êtres qui se composent eux-mêmes en assemblant des molécules grâce à l'énergie du soleil, et en parallèle elle a inventé les êtres qui décomposent d'autres organismes en dissociant les molécules pour y puiser l'énergie et les matériaux pour leur propre construction ; C'est par la décomposition que les éléments de construction sont remis en circulation. Sans décomposition, le système serait vite bloqué et la vie organique s'arrêterait faute de matière première.

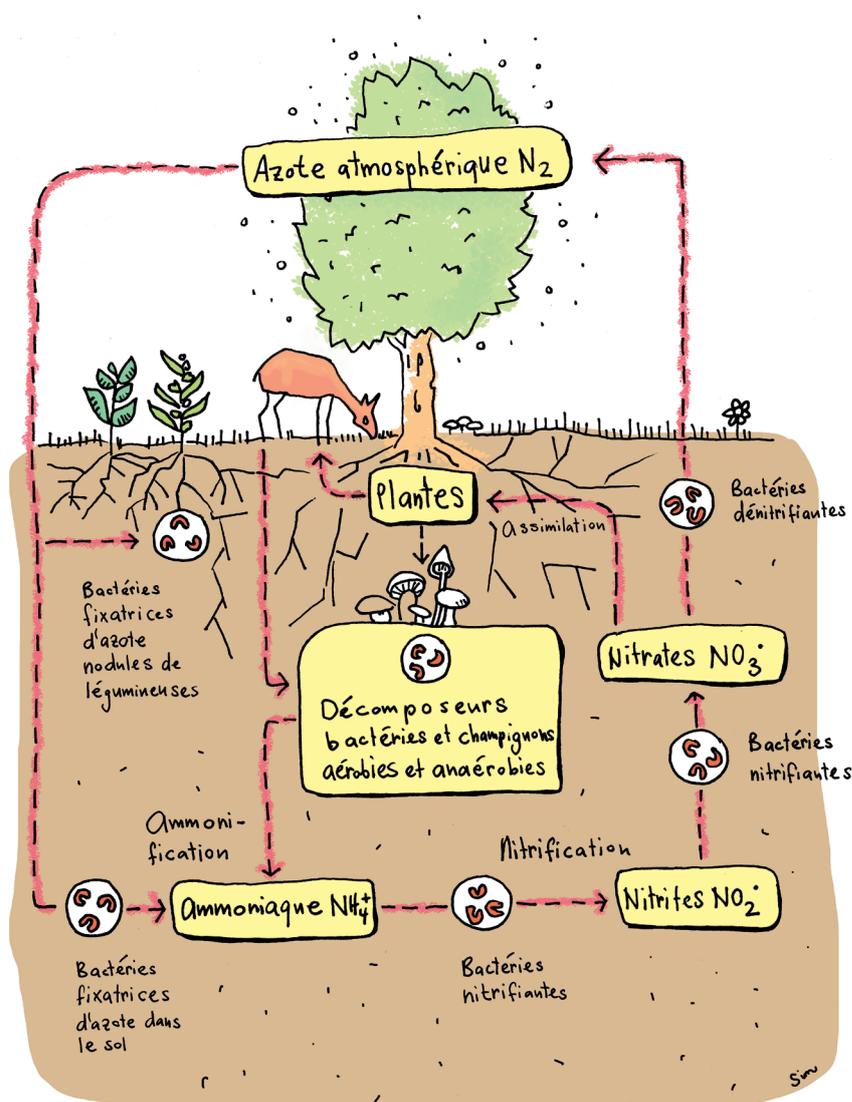
Les végétaux sont les « compositeurs », tandis que bactéries, champignons et animaux sont les « décomposeurs ». Chaque décomposeur se spécialise sur une partie de la chaîne de décomposition et les humains, comme les vaches, sont les premiers maillons de la chaîne. La vache ne capte que 5% de l'énergie solaire accumulée dans l'herbe, et après elle, les lombriciens (ou vers de terre) poursuivent la décomposition. Les vers de terre occupent une grande place dans la chaîne de décomposition, à tel point que dans les prés, il y a beaucoup plus

de viande sous forme de vers de terre que sous forme de vaches. Nous nous sommes donc tournés vers eux pour digérer la matière organique issue de nos immeubles d'habitation.

Dans la démarche de la coopérative Équilibre, avec la volonté de restaurer les cycles naturels et de remédier aux problèmes qui fragilisent les bases existentielles de la civilisation, la solution au problème a été cherchée dans le retour au modèle de la nature (en

s'aidant des bactéries et des lombriciens) et prenant soin d'éviter de mélanger le propre avec le sale, c'est à dire le toxique avec le naturel-réutilisable.

La concentration urbaine ayant rendu la restitution directe de nos excréments aux sols agricoles dangereuse pour la santé et trop compliquée, nous avons choisi de faire entrer les lombriciens en ville pour qu'ils décomposent à la source, avant que nos rejets ne soient souillés par des produits toxiques industriels.



Source: UVED, Université virtuelle environnement et développement

11 Sur les derniers 23 millions d'années, la teneur en CO_2 de l'atmosphère terrestre n'a vraisemblablement pas dépassé 320 parties par millions (ppm) jusqu'à l'ère industrielle. Aujourd'hui, elle dépasse les 415 ppm.

Faut-il séparer urine et fèces à la source?

Le tableau ci-dessous présente quelques particularités de nos excréments liquides et solides¹²:

	Poids (kg / j-personne)	Teneur en nutriments	Porteur de maladies	Nuisance olfactive	Transformation en engrais
Urine	1,4	Forte	Très faible	Très forte	Par compostage
Fèces	0,14	Faible	Important	Faible	Par compostage

Les teneurs en éléments fertilisants pour le sol sont présentées ci-dessous¹³.

Régime occidental moyen	N azote	P phosphore	K potassium	Ca Calcium	Mg Magnésium
Total transité (kg/an)	4	0,3	1,4	0,4	0,15
Dont urine (kg/an)	3,4	0,2	1,2	0,1	0,05
Dont fèces (kg/an)	0,6	0,1	0,2	0,3	0,1
% urine vs fèces	85 %	65 %	85 %	35 %	35 %

Au vu des différences, il semble intéressant de séparer urine et fèces. C'est la même logique que pour le tri des déchets. Séparés à la source, ils deviennent beaucoup plus faciles à

recycler. De plus les pathogènes se concentrent dans les fèces alors que l'urine est généralement stérile. Mais la séparation à la source a aussi des désavantages : elle nécessite des installations plus

sophistiquées, un double traitement et l'utilisation de cuvettes à séparation qui posent encore quelques problèmes d'ergonomie et d'adaptation, comme nous allons le voir ci-après.

Ces systèmes d'assainissement écologique sont-ils généralisables à grande échelle?

Cette question se doit d'être posée avant d'aller plus loin.

Dans la nature, de nombreux organismes se chargent de transformer les excréments des mammifères en matières qui enrichissent les sols et nourrissent les plantes. Cela fait partie du cycle de la vie. Dans nos immeubles, nous devons apprendre à imiter ces processus bio-chimiques avec un confort pour l'utilisateur comparable au système du tout-à-l'égout. C'est ce que nous tentons de faire depuis dix ans. Au lieu de polluer les cours d'eau, nous produisons compost et engrais.

Avec finalement très peu de moyens par rapport à l'ampleur des enjeux, nous pensons avoir réussi à démontrer que c'était possible. Non, le tout-à-l'égout n'est ni la seule, ni la meilleure façon de traiter nos excréments en milieu urbain. Oui, il est possible de commencer à imaginer des villes où des stations de lombricompostage remplaceront les stations d'épuration actuelles. Oui, de tels systèmes nous semblent généralisables. Malheureusement, l'état actuel des connaissances et le nombre d'expériences sur le sujet sont terriblement

lacunaires. Pourtant, nous sommes convaincus que le chemin à parcourir n'est plus très long avant d'avoir des systèmes d'assainissement écologique adaptés aux multiples contraintes techniques que l'on rencontre en ville, avec le « confort moderne » sans lequel ces nouveaux systèmes risquent de ne jamais voir le jour à grande échelle. Alors il est grand temps que d'autres maîtres d'ouvrage se lancent dans l'aventure. Le présent rapport a été imaginé dans ce contexte.

¹² Tiré du livre de Renaud de Looze – voir réf. 2 ci-avant.

¹³ Extrait du livre « Biochimie des aliments. Diététique du sujet bien portant », M. Frénot et E. Vierling, éd. DOIN, 2002.

— CHAPITRE 2 —

Lombricomposteurs individuels dans un immeuble de treize logements à Cressy



Situation de départ

Un premier droit de superficie¹ a été attribué par le canton de Genève à la coopérative Équilibre en 2007 pour y construire un petit immeuble de 13 logements. L'idée d'y installer des toilettes à compost a très vite été adoptée par les futures habitantes². C'est ainsi que dès 2008, nous avons

commencé à chercher des systèmes pour notre futur immeuble. Or, il n'existait à l'époque aucune solution adaptée « clé en mains » – ni sur le marché, ni dans la littérature – que nous aurions simplement pu appliquer. Une étude parue en 2013 analysant plusieurs expériences dans le monde

arrivait d'ailleurs à la conclusion suivante « There are no urban success stories with urban compost toilets »³.

Au vu des résultats que nous obtenons depuis plusieurs années avec finalement très peu de moyens, nous pouvons affirmer aujourd'hui que ce point de vue,

1 Il s'agit d'un bail de location du terrain sur un très long terme (99 ans dans ce cas).

2 La concrétisation de cette proposition est liée au fait que 1) l'architecte Stéphane Fuchs du bureau atba y avait déjà eu cette idée; 2) le président de la coopérative Benoît Molineaux avait travaillé deux ans dans une entreprise qui commercialise les toilettes à compost en milieu rural (sanisphere-fr.com) et le représentant du maître d'ouvrage Ralph Thielen et ingénieur en environnement s'est très vite pris au jeu de dessiner les composteurs que nous pourrions installer dans nos sous-sols.

3 « Composting toilets as a sustainable alternative to urban sanitation - A review ». C. Anand et D.S. Napul publié dans Waste Management 34(2), Nov. 2013.

même s'il reflète une image négative encore largement partagée au sujet des toilettes à compost en milieu urbain, n'a pas une valeur définitive. Par ailleurs, si l'on se place dans un contexte historique, le choix entre le tout-à-l'égout et le compostage a longtemps été l'objet de débats⁴.

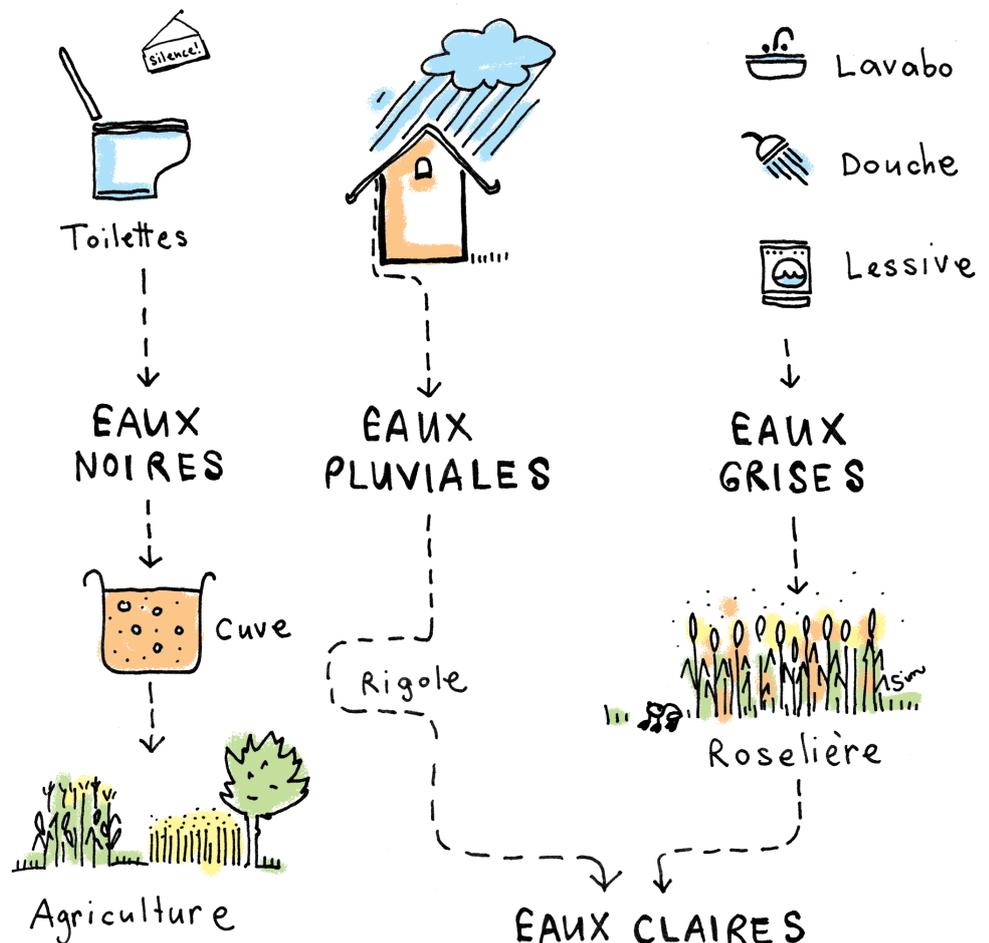
Faute d'avoir pu s'inspirer d'expériences concluantes en ville, nous avons choisi un système « classique » suédois pour maisons individuelles ou refuges en sites isolés : le clivus-multrum⁵. Ce système avait l'avantage d'être bien documenté et avait déjà été adapté pour un petit immeuble en Allemagne par la société

Bio-Technik qui nous a fourni les cuvettes (voir page 13). Nous avons également été conseillés par Pierre Colombot, fondateur de la société Sanisphere en France⁶.

Principe de fonctionnement

L'image ci-contre est inspirée d'une série de posters qui présentent notre bâtiment à Cressy⁷. Sans les eaux noires des WC, les eaux grises (provenant des lavabos, éviers, douches, baignoires et machines à laver) peuvent être traitées sans recours à l'égout, directement sur le terrain par filtration naturelle.

Elles sont ensuite rejetées dans le réseau des eaux claires (eaux pluviales). Quant aux toilettes, elles n'utilisent pas d'eau et les produits (compost et lixiviat) sont directement utilisables dans le jardin.



4 Voir l'étude de Ralph Thielen: Une gestion naturelle des eaux domestiques avec un prototype de toilettes à compost dans le cadre d'un projet d'habitation durable. Coopérative d'habitation Équilibre, 2011.

5 Voir <http://www.clivusmultrum.eu/>

6 Voir <http://www.sanisphere-fr.com/>

7 Disponible ici: <https://www.cooperative-equilibre.ch/projets/cressy/>

L'image ci-contre illustre trois composteurs en sous-sol situés directement sous trois cuvettes de WC (au rez, au 1^{er} et au 2^e étage).

A noter que les descentes sont parfaitement verticales (sans coude), ce qui interdit la superposition de cuvettes de wc entre deux étages et explique pourquoi ce système est inadapté à de plus gros immeubles.

Les tuyaux que l'on voit sortir en haut des composteurs sont des tuyaux d'aération branchés ici sur le système du double flux. En effet, l'air est aspiré à travers la cuvette de WC, ce qui est la meilleure garantie contre une éventuelle remontée des odeurs.

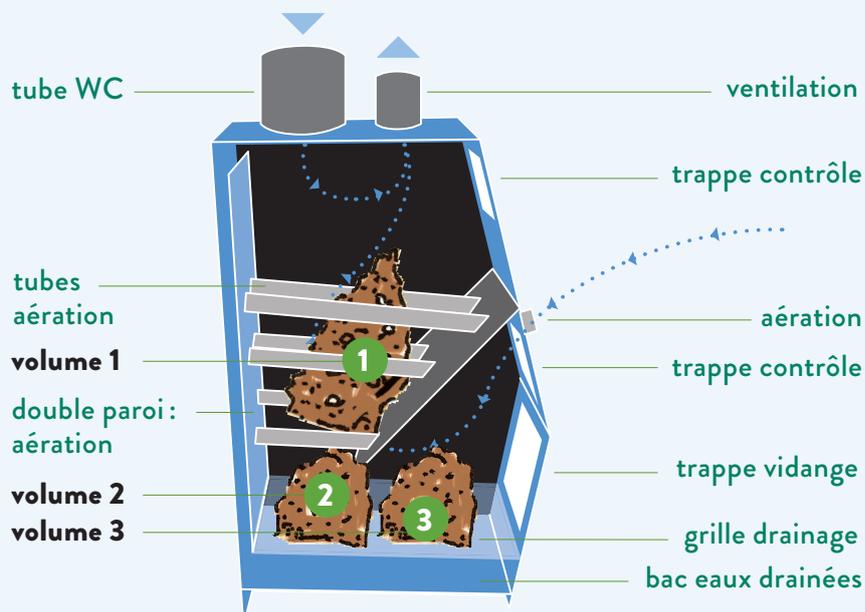
Le compartiment du composteur placé directement sous les WC (Volumes 1 & 2), reçoit les matières fraîches. En se développant, les bactéries consomment la matière organique, l'eau, l'azote et l'oxygène, et rejettent du CO₂ et de la vapeur d'eau dans l'air. Une grande partie des matières sont ainsi évaporées par le processus de compostage et leur volume se réduit de 3 à 6 fois. Ce procédé thermique et aérobie nécessite un bon apport en oxygène.

Dans le compartiment avant du composteur (Volume 3), une deuxième dégradation des matières organiques est réalisée avec des vers rouges de fumier (*Eisenia fetida*) et d'autres micro-organismes.

Les lombriciens digèrent, brassent et aèrent le compost, tout en structurant finement l'ensemble des matières présentes. Il en résulte un terreau d'une grande qualité, proche de l'humus.



Schéma d'un composteur



Le développement et le travail des lombriciens réduisent d'environ 5 fois le volume du compost. Des copeaux de bois sont ajoutés à chaque « grosse commission », afin d'assurer un apport en carbone utile au compostage ainsi que des poches d'aération dans la cuve.

Pour des raisons phoniques et de gestion des flux d'air entre les appartements (les différences de pression entre les logements pourraient provoquer des remontées d'odeur), chaque toilette dispose de son propre composteur.

Expériences similaires dans le monde

Le développement de toilettes alternatives au tout-à-l'égout se focalise presque exclusivement sur des systèmes individuels comme en témoigne le livre «*A Collection of Contemporary Toilet Designs*» (éd. WEDC, Loughborough University, 2014) qui présente 33 systèmes différents dont aucun n'est prévu pour un immeuble. Ainsi, à notre connaissance, les exemples d'immeubles de logements avec un traitement des excréments par compostage en milieu urbain se comptent sur les doigts d'une main. En voici quelques uns:

1. Une centaine de logements dans des immeubles jusqu'à 4 niveaux ont été équipés en Allemagne depuis 1994 avec des systèmes similaires à ceux de Cressy. A noter cependant que la société Berger-Biotechnik qui commercialisait ces systèmes a fermé boutique depuis lors.
2. En Chine (Mongolie), une expérience à l'échelle d'un quartier de 3'000 habitantes a été initiée en 2003, avec un système à séparatif, compostage des fèces et valorisation agricole de l'urine. Les résultats n'étant pas satisfaisants pour un ensemble de raisons (dont la difficulté à faire accepter de tels systèmes par les habitantes), l'expérience a finalement été abandonnée en 2009⁸.
3. En Éthiopie, un article bien documenté décrit un début d'expérience en 2009 avec un système similaire

implémenté pour la première fois dans un quartier relativement dense. Malheureusement, nous n'avons pas trouvé de bilan de cette expérience qui a pourtant commencé il y a plus de dix ans⁹.

En ce qui concerne l'équipement de bureaux, il existe aussi quelques expériences:

4. En Suisse, il existe un bâtiment qui loue des bureaux équipé de toilettes sèches : le Green Offices à Givisiez (Fribourg) inauguré en 2007 avec un système qui ressemble beaucoup à celui de Cressy.
5. Le Bullitt center¹⁰ inauguré à Seattle (USA) en 2013 présente une version plutôt «high-tech» de ces systèmes (utilisation de savon pour faire

«glisser» les matières le long des tuyaux, compostage assisté à plus de 160°C...).

Si l'expérience semble assez concluante, un article publié en 2018 indique que ces systèmes n'en ont pas inspiré d'autres¹¹.

6. A Paris, la Fondation Charles Léopold Meyer expérimente dans ses bureaux un système similaire à celui de Cressy, avec compostage en sous-sol¹².

Par ailleurs, quelques projets en construction «futuristes» prévoient des systèmes d'assainissement autonomes et écologiques, comme le quartier blueFACTORY à Fribourg ou le futur quartier Saint-Vincent-de-Paul à Paris.



Les composteurs «high-tech» du Bullitt center à Seattle.

8 <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/case-studies/details/1049>

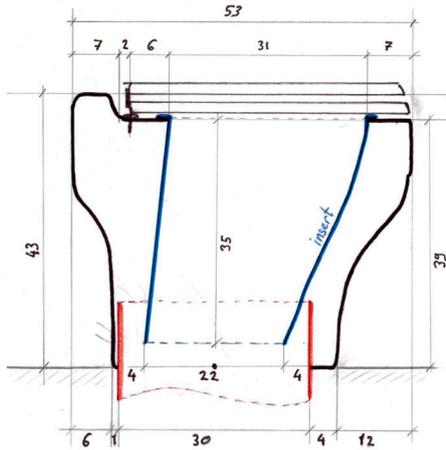
9 https://www.researchgate.net/publication/228467366_Implementation_of_urine-diverting_dry_toilets_in_multi-storey_apartment_buildings_in_Ethiopia

10 <http://bullittcenter.org/building/building-features/waste-not/>

11 <https://crosscut.com/2018/07/bullitt-center-innovations-havent-caught-seattle-wants-change>

12 https://www.francetvinfo.fr/monde/environnement/toilettes-seches-une-fois-passe-le-facteur-beurk_1702991.html

Description & dimensionnement

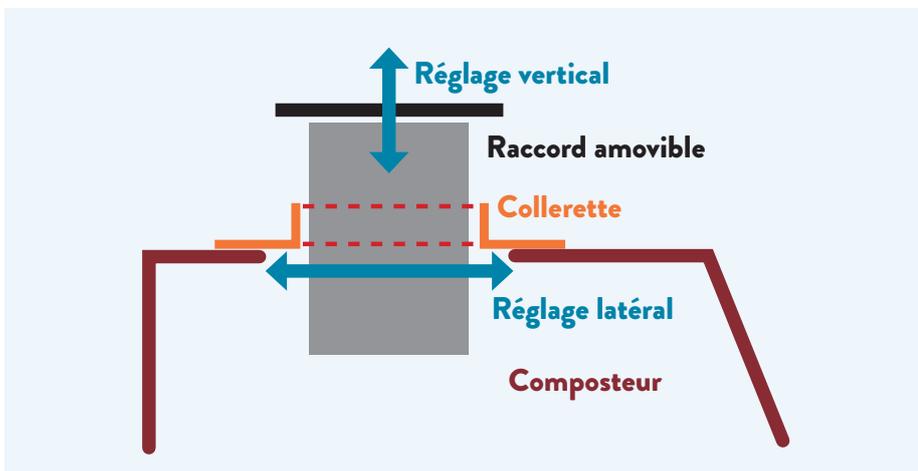


La cuvette de WC que nous utilisons à Cressy est un produit commercialisé par Berger-Biotechnik en Allemagne¹³. D'apparence ordinaire, la cuvette est munie d'un simple tuyau noir, en forme d'entonnoir, qui concentre les matières dans un cercle de 20 cm de diamètre (au centre).

Cet entonnoir s'emboîte sur un tuyau vertical de 31,5 cm de diamètre qui est fixé dans la chape (à droite). L'installation est simple et rapide. Les tuyaux verticaux sont en plastique PE. En haut, ils dépassent de 10 cm au-dessus de la chape finale, et en bas, ils finissent à 40 cm sous le plafond de la cave.



Une pièce amovible de 60 cm permet de faire le raccord avec le composteur. Les tuyaux ont été posés d'une seule pièce. Les plus grands, au deuxième étage, mesurent environ 7 m et ont nécessité une grue pour la pose.



La pose des tuyaux verticaux comporte une certaine imprécision, notamment à cause des déformations du plastique PE exposé au soleil. La position des tuyaux au sous-sol varie de +/- 4 cm. Pour compenser cette imprécision, le toit des composteurs a été percé d'un trou plus large permettant

un réglage latéral (40 cm au lieu de 32 cm). Une collerette soudée sur place assure l'étanchéité du raccord. Les composteurs ont été déclinés en trois largeurs différentes pour s'adapter au mieux à la place à disposition tout en respectant la taille des appartements: 65 à 77 cm de largeur pour les appartements

de 3 à 6 pièces. Un composteur possède ainsi un volume total d'environ 1 à 1,3 m³. Le volume utile est d'environ 0,8 à 1 m³, le reste étant nécessaire pour les accès et la circulation de l'air. Une paroi interne subdivise le composteur en deux compartiments. Chaque composteur est utilisé par une famille de 1 à 6 personnes.

13 Cette entreprise n'existe malheureusement plus – voir <https://shop.berger-biotechnik.de/>

Entretien, maintenance et vidange

A Cressy, l'entretien est réalisé par les habitantes. Chaque composteur nécessite deux entretiens par mois d'environ 5 minutes chacun. Une fois par année, il faut ajouter la vidange manuelle qui nécessite environ 3 h par composteur.

Tous les 15 jours, une habitante vérifie que le compost des différents composteurs « se porte bien » (ni trop sec, ni trop humide, avec des vers de terre et sans mouchérons). Si tout va bien, elle va alors arroser le compost en train de mûrir (Volume 3 sur le schéma de la page 11) avec quelques litres d'eau. Si le compost baigne dans le liquide, comme c'est arrivé deux ou trois fois depuis dix ans, il faudra contrôler le tuyau d'évacuation des liquides et la pompe de relevage¹⁴, puis ajouter des vers et de la paille.

S'il y a des mouchérons, il faudra ajouter des feuilles mortes en surface¹⁵.

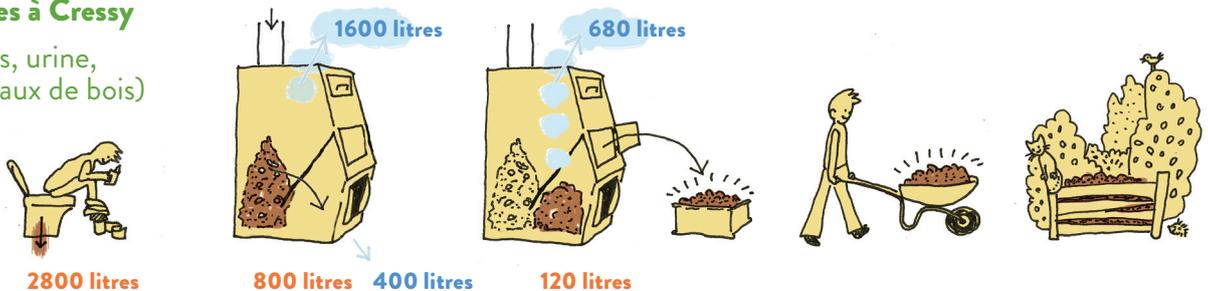
Si la population de vers a fortement baissé ou en l'absence de vers, il faudra en rajouter¹⁶. Finalement, il reste à vérifier et nettoyer le filtre à air à l'aide d'une petite brosse afin de limiter les pertes de charge et de maintenir un bon débit de renouvellement d'air.

Une fois par année pour une famille de quatre personnes (un peu plus souvent pour les grandes familles qui passent beaucoup de temps à domicile et un peu moins souvent pour les autres), il faut vidanger le composteur. A Cressy, chaque famille est responsable de son propre composteur et de sa vidange.

La vidange se fait alors manuellement et on retire le « Volume 3 », typiquement une centaine de litres de compost par famille et par an (après un à deux ans passés dans le composteur).

Il s'agit ensuite de « tirer vers l'avant » les matières partiellement transformées du « Volume 2 » vers le « Volume 3 » (qui est vide) et de les mélanger avec de la paille et des lombriciens, puis de recouvrir ces matières avec des feuilles mortes et les laisser mûrir pendant encore un an, avant la vidange suivante. Une fois que le « Volume 2 » a été vidé, le « Volume 1 » prend sa place et laisse un vide pour les matières fraîches qui vont s'accumuler, et ainsi de suite. Ci-dessous, le bilan que nous avons publié dans le livre des dix ans de la coopérative en 2016¹⁷.

Toilettes sèches à Cressy (mélange fèces, urine, papier et copeaux de bois)



Bilan annuel d'une famille de quatre personnes.

Arrivée	1er Compostage	Lombrics	Sortie	Maturation
3-4 minutes par session Au total en une année : Urines ~1500 l. Fèces ~300 l. Copeaux ~1000 l. Total ~2800 l.	1 année Dégradation par les bactéries Évaporation ~1600 l. Excès de liquide : ~400 l. à filtrer pour produire de l'engrais. Il reste ~800 l.	1 année Digestion par les lombrics Évaporation ~680 l. il reste ~120 l.	2-3 heures Transfert des ~120 l. de terreau au jardin.	6 mois - 1 année Digestion par la micro-faune extérieure. Apport carboné pour le jardin. Plantation de courges.

14 Il y a en effet des pompes de relevage qui se mettent en marche automatiquement pour drainer l'excès de liquide qui pourra être récolté pour faire de l'engrais, voir p 17.

15 Après plusieurs essais avec des cendres ou de la sciure, nous avons trouvé que les feuilles mortes étaient le meilleur remède contre les mouchérons. Il semble en effet que les feuilles amènent des insectes qui dévorent les larves de mouchérons et depuis plusieurs années maintenant, nous n'avons plus aucun moucheron ni autre insecte volant qui habite nos composteurs. Nous avons par contre toute une faune qui semble se délecter de notre productions quotidienne.

16 Il nous a fallu plusieurs années pour avoir de fortes populations de vers qui se maintenaient sur de longues périodes. En effet, il existe de multiples facteurs «incommodants» pour les vers. Si le milieu est trop sec ou trop humide, s'il est trop compacté, s'il est trop aéré ou pas assez, s'il y a trop d'urine, s'il n'y a plus rien à manger pour eux, alors les populations vont chuter. Au contraire, si nous ajoutons de l'eau régulièrement, si nous mélangeons avec de la paille pour aérer et enrichir en carbone, si nous évacuons l'excès d'urine, alors les vers sont contents et prolifèrent.

17 Disponible ici : <https://www.cooperative-equilibre.ch/presentation/livre-10-ans-cooperative/>

Aération & odeurs

L'aération du composteur est assurée par le double flux du bâtiment. L'air du local WC est aspiré à travers la cuvette puis rejeté à l'extérieur par les pompes de ventilation. Avec ce système, les éventuelles odeurs sont aspirées en permanence « vers le bas ». Le résultat est spectaculaire, il y a moins d'odeurs dans nos toilettes que dans des toilettes conventionnelles. Par contre, s'il y a une panne d'électricité, les odeurs remontent et les familles sont toutes équipées d'un couvercle étanche qu'il leur faut utiliser environ deux fois par an lors du nettoyage des filtres du double flux.

Ce système n'est pas optimal pour plusieurs raisons : i) le taux de renouvellement d'air est trop fort dans les composteurs (le compost a tendance à être trop sec en surface); ii) les filtres à air de l'échangeur de chaleur du double flux s'encrassent plus vite (car l'air se charge de particules de poussière lors du passage dans les composteurs); iii) cela augmente significativement les pertes de charges dans le double flux – et donc les consommations d'énergie électrique des ventilateurs et enfin iv) nous devons garder en permanence un important débit d'extraction et de renouvellement d'air, même en été lorsque les fenêtres sont souvent ouvertes.

Le fonctionnement s'est amélioré au cours du temps. L'idéal serait des cuves plus inclinées sur l'arrière (moins hautes), avec une arrivée d'air répartie sur toute la largeur et une ventilation naturelle engendrée uniquement par la chaleur et l'humidité du compost (cheminée sans ventilateur). A noter que Plastiqua SA (l'entreprise qui a fabriqué nos composteurs à Cressy) a depuis lors développé un composteur optimisé pour les flux d'air (ne nécessitant pas de ventilation forcée)¹⁸.

Surcoûts

Le tableau de la page suivante présente les surcoûts à la construction pour notre bâtiment, par rapport à un bâtiment standard. Le traitement des eaux grises par phytoépuration est inclus.

S'ils sont à la charge du maître d'ouvrage, ces surcoûts sont en partie compensés par la réduction des taxes de raccordement et de traitement de l'eau, voir chapitre 6.

Ces surcoûts se décomposent en deux catégories: les honoraires de recherche et développement et les surcoûts constructifs (tenant compte de la construction de locaux pour les composteurs) par rapport à un système de toilettes standard.

Dans ce projet, une réduction de la taxe de raccordement a été accordée, ce qui permet de réduire les surcoûts à environ 100'000.– pour le bâtiment de Cressy, soit un peu plus de 3'000.– / hab.

Les surcoûts annualisés ont été calculés en considérant les frais d'entretien (travail des habitantes) et en tenant compte d'un amortissement sur 30 ans.

Ces surcoûts peuvent être comparés au coût du tout-à-l'égout qui est en grande partie à la charge des collectivités et qui est estimé à CHF 10'000.– / hab. ou CHF 200.– / an•hab., voir chapitre 6.

18 Ce nouveau modèle a d'ailleurs été commercialisé par la coopérative 1m3 à Genève, voir <http://www.1metre3.ch/1m3/toilettes-seches-fixes-avec-composteur/>

	Cressy (45 habitantes)^a	
Surcoûts d'investissement	<i>CHF (HT)</i>	<i>CHF/hab.</i>
Recherche et développement	26 000.00	577.80
Construction (locaux techniques inclus)	114 000.00	2533.30
Total des surcoûts d'investissement	140 000.00	3111.10
<i>Subvention unique</i>	-	-
<i>Réduction sur la taxe de raccordement</i>	-40 000.00	-888.90
Total des surcoûts avec réductions	100 000.00	2222.00
Surcoût annualisés	<i>CHF (HT)</i>	<i>CHF/hab.</i>
Frais d'entretien courant	3 000.00	66.70
Frais de suivi et d'analyse ^b	-	-
Amortissement sur 30 ans (des coûts de construction)	3 798.00	84.40
Total des surcoûts annualisés	6 798.00	151.10

^a Les surcoûts couvrent le traitement de l'urine, des fèces et des eaux grises.

^b Le système est maintenant parfaitement maîtrisé par les habitantes.



Contraintes techniques et architecturales

Il s'agit d'un système simple avec un certain nombre de contraintes techniques. La plus importante étant l'impossibilité de superposer verticalement deux cuvettes de WC comme cela se fait généralement entre deux étages (afin de réunir les descentes d'égout dans des gaines techniques verticales qui traversent les étages). Le système n'est donc pas adaptable pour un immeuble de plus de 3-4 niveaux sans présenter un véritable casse-tête architectural.

Autre contrainte technique, c'est la place occupée à la cave par les composteurs, typiquement 3m² d'emprise au sol par composteur ou 7m³ SIA (comportant la place nécessaire pour la vidange). Par ailleurs, il n'est pas envisageable de réunir deux appartements dans un seul composteur (les différences de pression entre les logements pourraient provoquer des remontées d'odeur).

A noter qu'à Cressy, nous n'avons pas de parking sous l'immeuble – ce qui nous laisse passablement de place en sous-sol (caves, buanderie, salle commune et un tiers environ non excavé).

Par ailleurs, il faut arroser régulièrement le compost avec un peu d'eau, manuellement 2 fois par mois ou automatiquement avec un petit brumisateur qui pourrait s'enclencher une fois par jour. Il faut de la place et un accès vers l'extérieur pour pouvoir vidanger les composteurs avec des brouettes (des escaliers sont pénibles mais envisageables, comme à Cressy) et un débouché pour le compost.

Il faut également une source et un local de stockage de copeaux de bois non traités à verser dans les cuvettes après chaque « grosse commission ». Il faut aussi des feuilles mortes pour recouvrir régulièrement le compost et un peu de paille pour mélanger avec les matières lors des vidanges.

Dernière contrainte, l'excès de liquide (qui représente typiquement 1-2 litres par composteur et par jour) doit être évacué. A Cressy, ce liquide était évacué jusqu'à récemment à l'égout. Depuis 2019, nous expérimentons une utilisation en tant qu'engrais dans le jardin potager, sur les arbres fruitiers, la haie et les arbustes à petits fruits. Avant de pouvoir être utilisé dans le jardin, le liquide passe par un filtre à charbon et est récolté dans une cuve d'environ 500 litres pour 4 composteurs (qui se remplit typiquement en 2-3 mois). La présentation et l'utilisation d'un tel système pour produire de l'engrais est décrite au chapitre 5.

Production de compost et d'engrais

Depuis le début de leur utilisation en 2011, les 13 composteurs de Cressy (environ 45 personnes dont une douzaine d'enfants) produisent chaque année 1 à 2 m³ de magnifique compost, parfaitement tamisé par les vers de terre. Depuis 2020, nous mélangeons au printemps ce compost avec celui du jardin et des cuisines avant de le laisser reposer encore une année sans y toucher pour y planter des courges.

En haut à droite, les 4 bacs de compost de cuisine, jardin et toilettes, au total environ 5 m³. En bas à droite, la première plantation de courges dans du compost mélangé (Juillet 2020).

Peu à peu, les habitantes comprennent qu'elles font partie intégrante des grands cycles naturels.

Depuis 2020 également, nous récupérons une partie de l'excès de liquide provenant des composteurs pour en faire de l'engrais.

En effet, nos composteurs produisent chacun 1 à 2 l par jour d'excès de liquide (soit environ 350 l par personne et par an¹⁹). L'urine est transformée au passage du composteur auquel on rajoute un peu d'eau. A la sortie du composteur, le liquide est stabilisé chimiquement (nitrifié) et n'a presque plus d'odeur. On le fait encore passer dans un filtre à charbon, après quoi il est stocké dans une cuve pour un usage au jardin.



¹⁹ C'est le bon ordre de grandeur, sachant que nous ajoutons un peu d'eau pour les vers et qu'un être humain urine environ 500 l/an, dont une bonne partie en dehors de son lieu de résidence.

Retour d'expérience après neuf ans

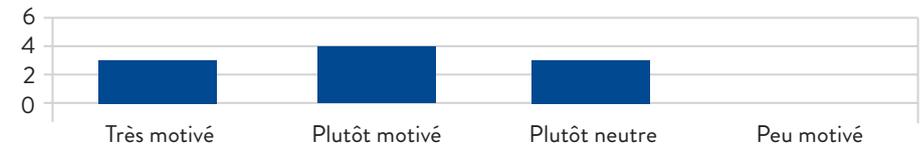
Nous avons soumis un sondage à tous les foyers fin 2019. Dix des treize foyers ont répondu.

Voici une synthèse des réponses reçues:

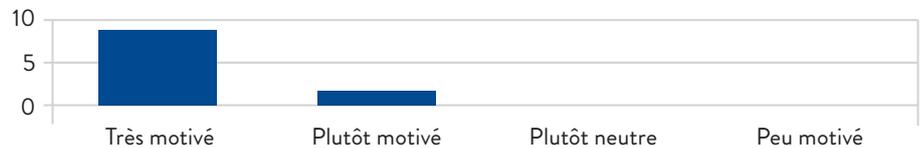
1. Globalement, êtes-vous satisfait du système de toilettes à compost installé à Cressy?



2. Lors de l'emménagement, étiez-vous motivé-e à utiliser ces nouveaux systèmes?

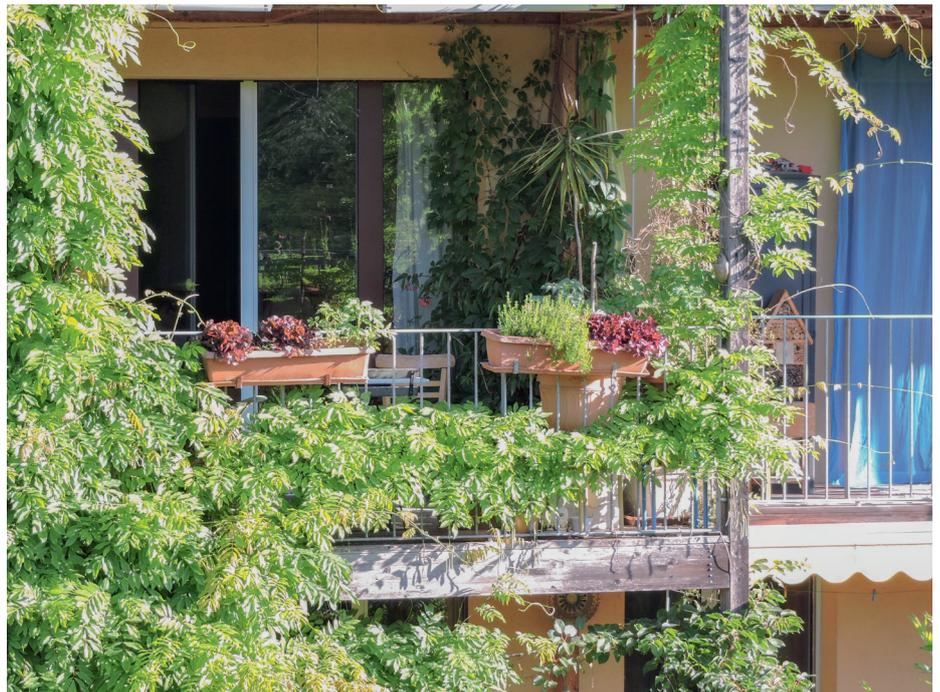


3. Et maintenant?



Seuls trois foyers signalent des problèmes: deux en lien avec les (rares) coupures d'électricité qui entraînent des remontées d'odeurs et l'un en lien avec les moucheron pendant les 2 ou 3 premières années (problème qui a pu être réglé de manière satisfaisante grâce notamment à l'utilisation de feuilles mortes et un meilleur compostage général des matières avec plus de vers de terre). Les systèmes ne posent aucun problème pour les enfants, ni pour les invités.

En aucun cas les habitantes de Cressy ne souhaiteraient revenir à des toilettes « normales ». Elles sont unanimement convaincues que, au-delà des contraintes architecturales, le système doit absolument être reproduit à grande échelle.



— CHAPITRE 3 —

Station d'épuration à lombri-compostage pour 38 logements à Soubeyran (GE)



Crédit photo: Thomas Maisonnasse

Fête d'inauguration du bâtiment en 2017. Les personnes présentes au premier plan sont debout sur une trappe qui cache un prototype de station d'épuration absolument unique (que l'on voit ouverte ci-après).

Situation de départ

Ce projet de 38 logements a été attribué en 2012 aux coopératives Luciole et Équilibre. Les deux coopératives décident ensemble de mandater le même bureau d'architectes qu'à Cressy: atba. Les futures habitantes sont motivées à l'idée d'imaginer ensemble un système d'assainissement écologique autonome et déconnecté du «tout-à-l'égout». D'emblée, nous décidons que le système de Cressy est inadapté pour un immeuble de cette hauteur.

C'est ainsi qu'avec notre architecte Stéphane Fuchs, nous nous mettons en quête d'un nouveau système. Nous optons d'abord pour le système suédois Aquatron¹. Nous avons été jusqu'à le tester sur une hauteur de six niveaux car cela n'avait jamais été fait auparavant. Malgré un test plutôt réussi, nous étions inquiets de la complexité du système.

Finalement, c'est le biologiste Philippe Morier-Genoud, rencontré «par hasard» lors d'une des nombreuses visites de notre système à Cressy, qui nous a proposé d'adapter un système développé pour l'assainissement des effluents agricoles qu'il avait déjà installé avec succès dans des résidences isolées. Nous avons appris plus tard qu'il existait dans le monde plusieurs expériences de ce type (voir ci-après). Une fois de plus, nous avons opté pour la simplicité.

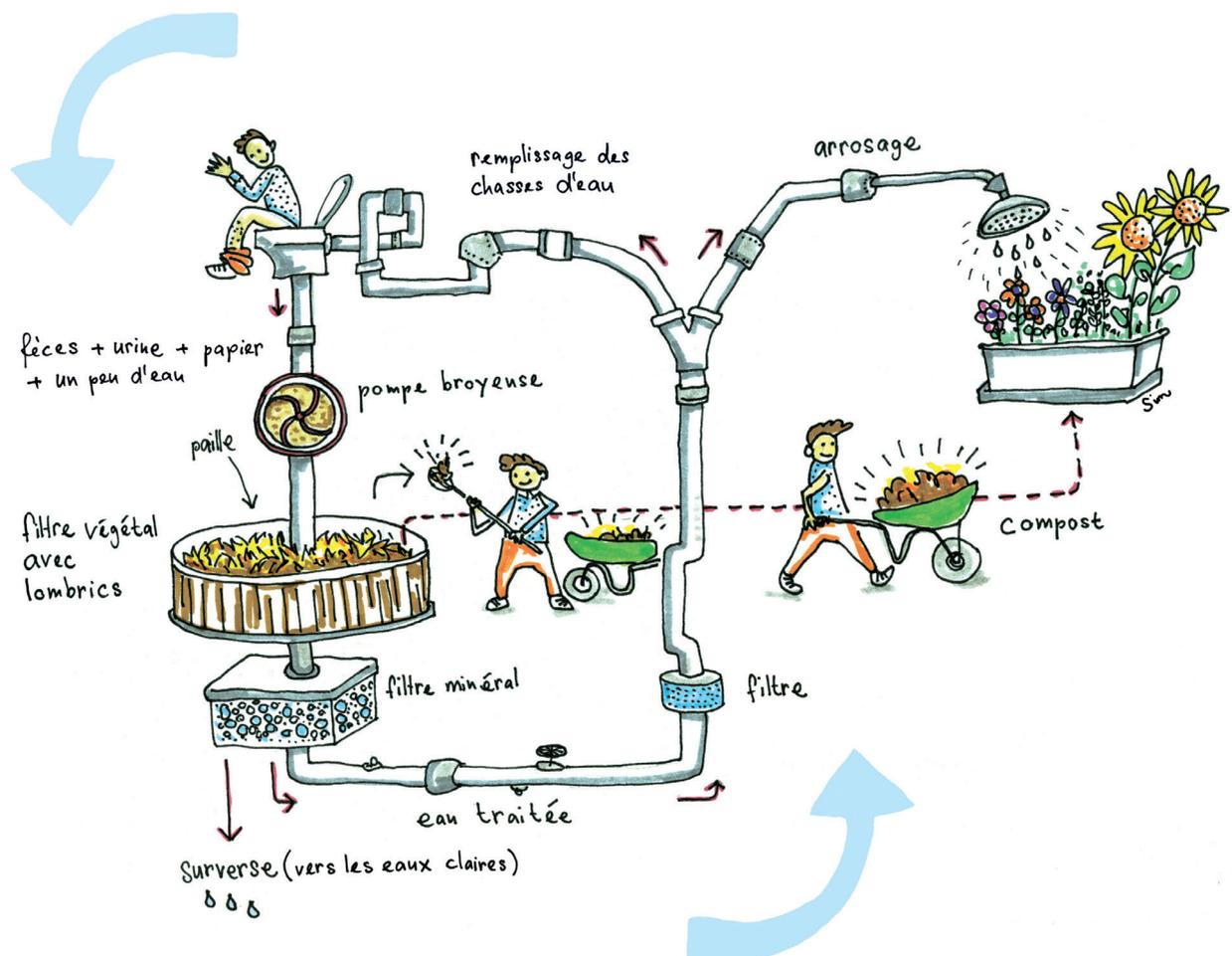
1 Voir <https://www.aquatron.se/> - il semble qu'en 2020, le système n'a toujours pas été installé dans des bâtiments de plus de trois niveaux.

Principes de fonctionnement

Dans ce second immeuble, nous n'avons pas construit des toilettes «sèches» à proprement parler. En effet, sans eau, nous aurions été condamnés à utiliser des tuyaux verticaux sous chaque cuvette avec un diamètre de 30 cm au minimum (ce qui est difficilement gérable pour un bâtiment de six niveaux). Nous utilisons donc un peu d'eau afin de pouvoir mettre des coudes dans les tuyaux et tolérer des inclinaisons diverses, beaucoup plus proches de l'horizontale. Les matières sont donc acheminées depuis les toilettes vers le système de compostage à travers un système de tuyaux, alimenté par des chasses d'eau à faible volume. L'eau traitée va ensuite (ré)alimenter les chasses d'eau ou être utilisée pour l'arrosage du jardin.

À la sortie des toilettes, les eaux chargées en matières fécales, urine et papier toilette s'écoulent vers une cuve de rétention située en amont du composteur (non représentée sur le schéma). Elles sont ensuite broyées et pompées puis réparties sur le lit de compost (directement sous la paille) à l'aide du système décrit ci-après. Le filtre végétal avec compost et vers de terre retient les matières solides comme une passoire et laisse percoler les liquides qui traversent ensuite un filtre minéral. Le filtre végétal est habité par quelque 400kg (pour 100 habitantes) de lombriciens (*Dendrobena veneta*, *Eisenia fetida*, *Eisenia Andrei* et *Enchytraeus sp.*). Les lombriciens décomposent la «matière fraîche» qui arrive en surface et entretiennent ainsi la perméabilité du filtre.

Le système de compostage est situé sous une terrasse du jardin (voir ci-après). Il traite l'ensemble des eaux usées (noires et grises) des 38 logements et des commerces du rez-de-chaussée. Par sécurité, le salon de coiffure (produits chimiques) et la micro-brasserie (produits de nettoyage pour les cuves) n'y sont pas raccordés. Également par précaution, les eaux grises sont dirigées vers des composteurs distincts, car elles contiennent des produits moins digestes pour les décomposeurs, comme les lessives et savons, ainsi que les graisses susceptibles de colmater le filtre. Cela permet aussi de répartir les risques sur plusieurs composteurs liés au déversement éventuel de produits toxiques par les habitantes.





REPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENEVE

PRIX CANTONAL
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
LAURÉAT 2018



Sur la photo de gauche, on aperçoit la terrasse avec les trappes sous lesquelles se situe le composteur de 8 m de diamètre (filtre organique) illustré sur la photo de droite. Ce système dessiné par Philippe Morier-Genoud avec l'architecte Stéphane Fuchs du bureau atba, a remporté le prix cantonal du développement durable en 2018.

En plus du filtre à eaux noires de 8 m de diamètre présenté ci-dessus, il y a deux

filtres à eaux grises utilisés en alternance sur des périodes de 3 semaines.

À l'origine, les filtres à eaux grises étaient prévus sur le même modèle que ci-dessus. Cependant, alors que le filtre des eaux noires fonctionne à merveille, les deux autres plus petits filtres ont commencé à se colmater après deux ans d'utilisation. La cause probable est la répartition très sommaire de l'eau sur le filtre, en flux gravitaire, qui rend les graisses et savons difficiles d'accès

aux vers, dont la mission est de digérer à mesure qu'arrivent les matières pour entretenir la perméabilité du filtre.

C'est ainsi que les deux filtres à eaux grises se sont colmatés à plusieurs reprises, provoquant des débordements d'eau savonneuse stagnante à l'origine d'odeurs désagréables. Nous sommes actuellement en train de tester différentes adaptations qui sont décrites à la page 27.



Expériences similaires dans le monde

La première installation de grandeur commerciale (à notre connaissance) fonctionne depuis 2004 à la STEP de Combaillaux près de Montpellier. Une partie des eaux du village y est traitée sur un filtre de plaquettes de bois habité par des lombriciens.

Selon un article paru dans Libération le 23.05.2005, «L'idée d'utiliser les lombriciens pour épurer les eaux usées n'est pas française. Elle vient d'un Chilien, Jose Toha, médecin spécialisé dans la biophysique», précise Patricio Soto, l'un des pères du lombrifiltre de Combaillaux. En 1997, le Chilien a contacté le laboratoire de Marcel Bouché, référence en matière de vers de terre, lançant la collaboration entre les deux équipes. Ironie de l'histoire: grâce aux subsides de l'Europe, le projet français est désormais plus abouti que le sud-américain. Et l'exemple montpelliérain suscite l'intérêt de nombreuses communes, en Sicile, en Chine... voire au Chili».

Ce modèle a stimulé plusieurs investisseurs qui ont tenté de s'approprier le savoir-faire en déposant des brevets, sans grand succès à ce jour. D'autres ont poursuivi le développement avec des aides publiques. Un projet Européen est en cours avec des sites d'essais dans huit pays.

Ceci dit, le grand pas de l'introduction des lombriciens dans l'habitat est lié au compostage des déchets de cuisine avec les lombricomposteurs d'appartement (comme celui illustré ci-contre). Des récipients à étages d'où on retire les déchets compostés par le bas, tandis que les vers se déplacent progressivement vers les apports frais des étages supérieurs. La littérature semble indiquer que la démarche a été initiée aux USA à partir de 1970 par la biologiste et environnementaliste Mary Appelhof (1936-2005), auteur de *Worms Eat My Garbage* (1982).



Description & dimensionnement

Nous avons décidé de séparer les eaux grises (douches, machines à laver et lavabos) des eaux noires (toilettes), qui sont filtrées séparément. Ce choix résulte de l'incertitude sur la qualité des eaux grises qui risquent d'apporter des produits nocifs aux vers de terre (cf. ci-dessus).

Cuvettes de toilettes

Le modèle qui a été choisi – illustré ci-contre – est EcoFlush de la société

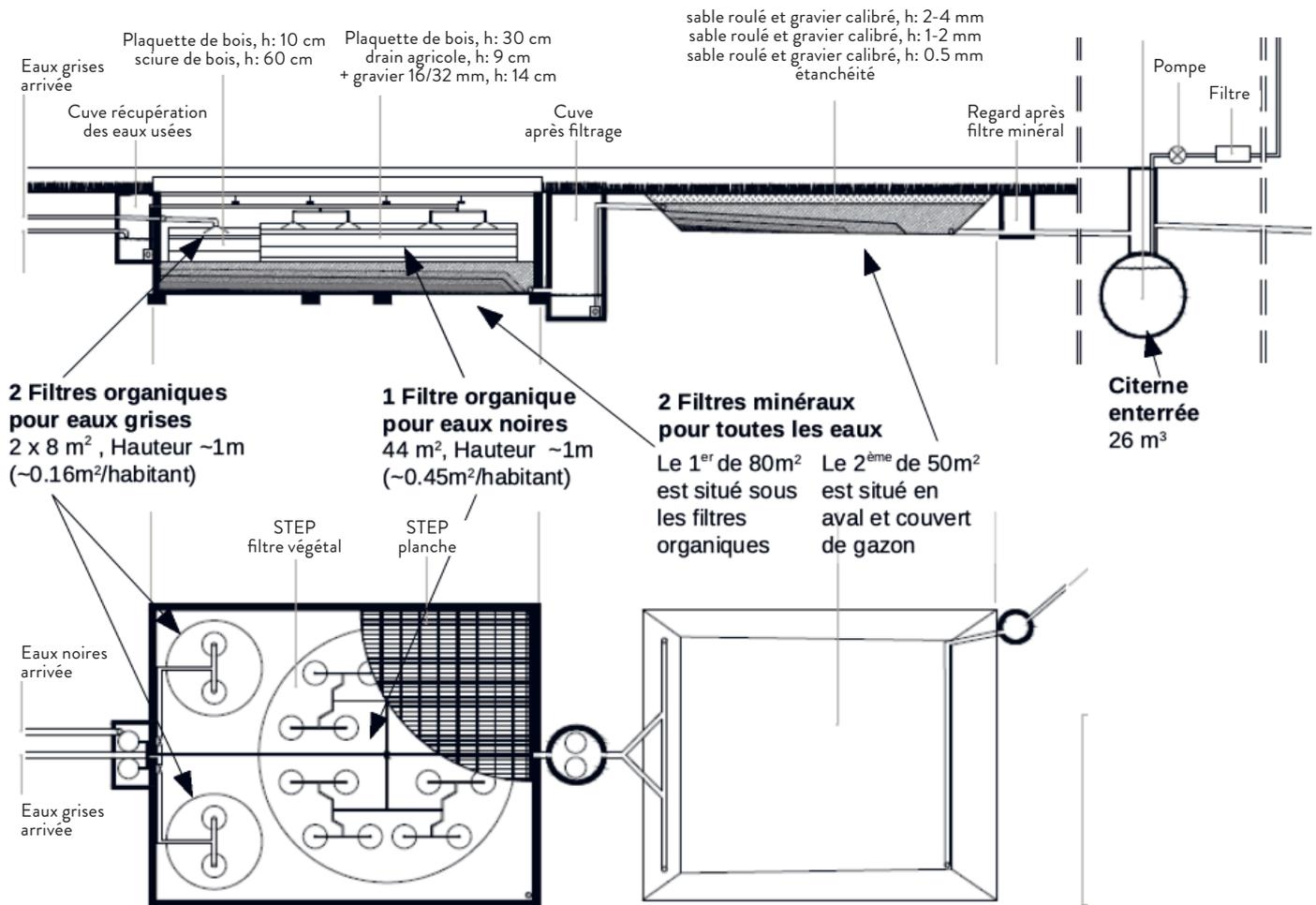
Suédoise Wostmann². Afin d'économiser l'eau de rinçage, les cuvettes ont une sortie pour l'urine à l'avant, qui est rincée avec très peu d'eau et une sortie fécale à l'arrière avec une chasse assez conventionnelle réglée sur 5 litres d'eau.

L'urine et les matières fécales sont ensuite réunies sous la cuvette et descendent ensemble au jardin dans la cuve de récupération des eaux usées d'où elles seront pompées et broyées.



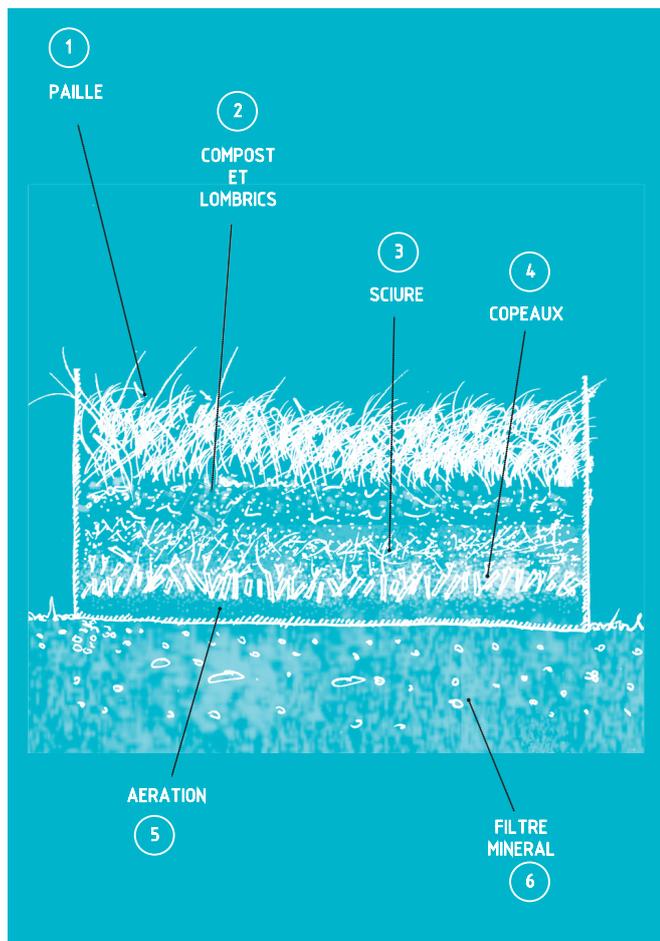
2 Voir <https://www.wostman.se/en/products> – à noter que ce modèle pose passablement de problèmes aux utilisateurs – voir ci-après.

Schéma d'ensemble de la station d'épuration enterrée devant l'immeuble



L'arrivée des eaux noires jusqu'à la cuve de récupération des eaux usées se fait à travers des tuyaux de 20 cm de diamètre. Après broyage et grâce à la pompe de relevage, les matières (urines, fèces et papier toilette broyés avec de l'eau) sont ensuite réparties directement sous la couche de paille en surface du filtre, avec des tuyaux plus fins, de 4,2 cm de diamètre.

Détail du filtre organique pour les eaux noires



❶ De la paille (épaisseur ~20 cm) est ajoutée régulièrement en surface, afin de fournir un apport carboné aux vers et de leur offrir un habitat protégé, en plus de neutraliser les éventuelles odeurs.

❷ Les matières broyées sont réparties directement sous la paille pour le bonheur des lombriciens.

❸ et ❹ Tout ce qui n'a pas été retenu par cette «passoire» passe à l'étage inférieur composé de sciure (~30 cm) et copeaux de bois (~40 cm); c'est l'habitat d'une faune très dense de bactéries qui va poursuivre le travail des lombriciens. En particulier, cette faune va consommer les molécules dissoutes facilement digestibles et transformer l'urée en nitrate, une forme inerte de l'azote. Ces filtres à base de bois libèrent des tanins qui colorent les eaux. Avec le temps, sciure et copeaux se transforment en compost et devront être remplacés, probablement tous les cinq ans.

Ceci dit, les recherches menées par Philippe nous encouragent désormais à remplacer la sciure par du charbon de bois, plus stable dans le temps et exempt de tanins.

❺ À la base du filtre se trouve un système d'aération naturelle pour favoriser une transformation aérobie.

❻ Sous le filtre organique se trouve un filtre minéral composé de sables et graviers (épaisseur environ 80 cm). Les liquides passent ensuite encore dans un deuxième filtre minéral (voir schéma page 25 et photo page 27).

Système de répartition des matières sur les filtres

Les matières fécales, l'urine et l'eau des chasses (eaux noires) sont recueillies dans une fosse avant d'être pompées et broyées (pompe broyeuse) par bâchées de 120l, et distribuées sur le filtre.

Le système de répartition a été conçu avec l'aide d'étudiants de l'EPFL. Il se base sur une série de «T» dans les tuyaux pour diviser le flux en 2 parties égales, puis 4, 8 et 16 conduits vers les buses de sortie.

Une bonne répartition homogène des matières sur le filtre est très importante, car elle permet d'optimiser la surface disponible, en prenant soin de laisser des zones refuges pour les vers – dans lesquelles ils vont se reproduire. Dans ce même esprit, le filtre des eaux noires est dédoublé et les deux parties sont utilisées en alternance sur des périodes allant de 3 à 6 semaines selon la saison. Le fonctionnement est très régulier et n'a pas connu de «pannes» depuis 4 ans.

Filtres organiques pour les eaux grises

Le système de distribution est similaire à celui des eaux noires. Les deux filtres à eaux grises cumulent une surface de 16 m². Ces filtres ont été dimensionnés sur la base d'une estimation de la charge en matière organique, en prenant la précaution de proposer aux habitantes des savons et produits d'entretien biodégradables et moins nocifs pour la faune des décomposeurs. Le filtre est dédoublé, une partie peut être mise au repos pour laisser aux décomposeurs du temps pour se régénérer sans être

constamment noyés sous les effluents. Malgré cela, nous avons eu quelques chutes de population de vers.

Ces «incidents de parcours» sont dus au colmatage des filtres, qui entraîne une accumulation de liquide. Ces filtres se transforment alors en milieux anaérobies inhospitaliers pour les vers. Après trois ans d'exploitation, les changements suivants ont été opérés: i) rajout d'un dégraisseur en amont des filtres; ii) un système de répartition des

matières plus fin a été installé en surface et iii) le bois de la partie inférieure des filtres a été remplacé par du charbon. Un tissu de séparation empêche le mélange du compost et du charbon.

Après six mois d'utilisation, nous constatons que cette nouvelle configuration permet d'éviter le problème de saturation et assure un milieu très satisfaisant pour la micro-faune.

Double filtre minéral

Les eaux des filtres à eaux noires et eaux grises percolent ensuite à travers deux filtres minéraux, dans lesquels les dégradations des matières dissoutes se poursuivent sous l'action des bactéries. Le premier filtre minéral est situé directement sous les filtres organiques (La photo du chantier ci-contre montre les filtres directement posés sur la couche de 80 cm du filtre minéral).

À la sortie du premier filtre, les eaux sont relevées par pompage – ce qui permet l'oxygénation nécessaire à la nitrification – avant de s'écouler dans un second filtre (non visible sur la photo), qui est recouvert d'une prairie. Chaque filtre minéral d'une épaisseur d'environ 80 cm est composé de la manière suivante:

- gravier roulé ou concassé de granulométrie 4-8 mm;
- sable roulé et gravier calibré de granulométrie 2-4 mm;
- sable roulé et gravier calibré de granulométrie 1-2 mm;
- sable roulé et gravier calibré de granulométrie 0,5-1 mm.

L'eau traitée est ensuite acheminée vers une citerne de 26'000 l. Cette eau sert à l'alimentation des chasses d'eau et l'arrosage du jardin. Elle est mise sous pression et filtrée par un filtre membranaire de 0.2 mm avant d'être réutilisée.

En cas de surverse de la citerne, l'eau rejoint le système des eaux claires car le sol sur place ne permet pas une infiltration.



Entretien, maintenance et vidange

L'entretien des filtres consiste principalement en un apport de paille qui complète le régime alimentaire des lombriciens et autres décomposeurs du sol. Nous ajoutons environ 3 bottes de paille par mois sur l'ensemble des filtres.

Pour effectuer ce travail, 8 habitantes sont membres de la bien-nommée «Grosse Commission», parmi une dizaine d'autres commissions participant à l'autogestion de l'immeuble. Une équipe de deux personnes va contrôler chaque semaine si les filtres ont besoin d'apport mais également s'il est nécessaire de changer de zone de distribution de la matière. Cet entretien régulier

prend, en temps normal, une trentaine de minutes par mois et par membre.

Lorsque des dysfonctionnements sont constatés comme la saturation des filtres des eaux grises, des chantiers collectifs d'une demi-journée sont organisés pour pallier ce problème (mais cela reste très occasionnel et lié à l'observation empirique des premières années d'utilisation).

Enfin, contrairement à toute logique intuitive et malgré l'apport chaque année de tonnes de matières solides et liquides, aucune vidange régulière de l'installation n'est nécessaire. En effet,

la quasi-totalité des éléments qui constituent les matières décomposées, à savoir l'urine, les fèces, le papier, les savons et la paille, est faite d'eau et de chaînes carbonées qui s'évacuent soit par transformation en gaz (principalement vapeur d'eau et gaz carbonique), soit sous forme liquide par percolation dans le filtre. Ne restent que les sels minéraux qui constituent une infime partie des 8 tonnes de matières traitées chaque année. Ceci dit, nous prélevons un peu du compost chaque été (environ 1200 l/an) et le bois du filtre initial se décompose peu à peu. Nous estimons ainsi qu'une vidange³ sera nécessaire après 5 ou 6 ans d'utilisation.

Aération & odeurs

Dans notre STEP, l'aération se fait naturellement par le plancher à claire voies qui la recouvre (ainsi qu'avec un réseau de tuyau passant sous le filtre organique). S'il y a dégagement d'odeurs, celles-ci se retrouvent directement dans le voisinage.

C'est ainsi que les quelques épisodes de saturation des filtres à eaux grises ont provoqué des dérangements pour nos habitantes et voisins directs. Heureusement, il s'agissait d'exceptions et la plupart du temps, si odeur il y a, elle nous rappelle plutôt la campagne.

Afin d'éviter les problèmes de saturation et d'eau croupie, nous avons modifié la composition des filtres à eaux grises (voir ci-dessus). Ainsi, nous sommes confiants de pouvoir remédier aux quelques problèmes rencontrés.

Du côté du filtre à eaux noires, aucun problème d'odeur ne s'est manifesté depuis 4 ans de fonctionnement.

3 Il s'agira en fait de récupérer le compost pour le jardin et le remplacer pour une couche équivalente de charbon de bois (voir p. 26).

Surcoûts

Les surcoûts pour construire le système d'assainissement de Soubeyran par rapport à un bâtiment avec assainissement standard sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Ces surcoûts se décomposent en deux catégories: les honoraires de recherche et développement et les coûts constructifs par rapport à un système de toilettes standard. Les honoraires de recherche et développement pourront être considérablement réduits dans des projets futurs qui reproduiraient ce système. Dans ce projet, une réduction de la taxe de raccordement a été

accordée et nous avons obtenu une subvention, ce qui permet de réduire les surcoûts à environ CHF 360'000.–, soit environ CHF 3'600.–/hab.

Les coûts annualisés ont été calculés en considérant les frais d'entretien (travail des habitantes), les frais d'analyses et de suivi par un biologiste (à des fins d'amélioration du système) et en tenant compte d'un amortissement sur 30 ans. En comparaison, la valeur de remplacement des infrastructures d'assainissement centralisées en Suisse s'élève à CHF 80-100 Mrd⁴, soit environ CHF 10'000.–/hab. et les coûts

annuels sont estimés à CHF 200.–/an•hab. selon une étude du VSA⁵.

Si les coûts du tout-à-l'égout sont supportés principalement par les collectivités publiques, les surcoûts présentés ici seront à la charge du maître d'ouvrage (et donc des habitantes). Il s'agit donc bien de surcoûts pour le maître d'ouvrage.

Nous verrons cependant au chapitre 6 que les économies d'eau et de taxe d'épuration de l'eau vont en grande partie compenser ces surcoûts.

	Soubeyran (100 habitantes) ^a	
	CHF (HT)	CHF/hab.
Surcoûts d'investissement		
Recherche et développement	102 000.00	1 020.00
Construction (locaux techniques inclus)	346 000.00	3 460.00
Total des surcoûts d'investissement	448 000.00	4 480.00
Subvention unique	-10 000.00	-100.00
Réduction de la taxe de raccordement	-75 000.00	-750.00
Total des surcoûts avec réductions	363 000.00	3 630.00
Surcoût annualisés		
Frais d'entretien courant	6 000.00	60.00
Frais de suivi et d'analyse	4 000.00	40.00
Amortissement sur 30 ans (des coûts de construction)	11 533.00	115.30
Total des surcoûts annualisés	21 533.00	215.30

^a Les surcoûts couvrent le traitement de l'urine, des fèces, des eaux grises et la recirculation de l'eau traitée.

4 <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/info-specialistes/mesures-pour-la-protection-des-eaux/epuration-des-eaux-usees/traitement-des-eaux-usees-communales.html>

5 VSA/KI (2011): Coûts et prestations de l'assainissement

Contraintes techniques et architecturales

La réalisation de la STEP de Soubeyran a nécessité les installations particulières suivantes:

- un double réseau d'évacuation des eaux usées dans le bâtiment (eaux grises et eaux noires);
- un double circuit d'alimentation en eau afin de permettre la réutilisation de l'eau épurée pour les chasses d'eau et l'arrosage;
- une fosse de 80 m² et 3 m de profondeur en béton armé située dans le jardin, sous une terrasse en plancher ajouré.

De plus, le système nécessite de pouvoir disposer de suffisamment d'espace à l'extérieur du bâtiment pour la réaliser. Il est envisageable également de construire cette fosse sous l'assiette du bâtiment, ce qui poserait d'autres contraintes techniques.

Production de compost

Le filtre à eaux noires produit un magnifique compost. Nous avons constaté que l'été est la meilleure période pour le prélever car son activité est beaucoup plus importante en

période chaude. Ainsi, le phénomène de compostage de la zone du filtre non-alimentée se finalise bien avant que le niveau de matière distribuée dans l'autre zone ne soit trop élevé.

Nous prélevons donc le précieux compost deux à trois fois par année (environ 1200 l/an.) et le valorisons sur les arbres et arbustes de notre jardin en automne.

Analyses et résultats

Des échantillons d'eau traitée par la STEP sont prélevés régulièrement à la fin du traitement, directement dans la cuve de stockage des eaux traitées. Nous faisons analyser ces prélèvements par un laboratoire spécialisé et vérifions que les valeurs légales de rejet dans les cours d'eau soient respectées. Nous avons commencé par réaliser ces prélèvements tous les mois pendant les deux premières années et le faisons désormais tous les deux mois.

L'installation a servi de terrain de recherche pour un travail de master de l'université de Genève⁶. Ce travail, ainsi que les mesures faites régulièrement par un laboratoire genevois, montrent que la

station de Soubeyran respecte la plupart des conditions de rejet pour les petites STEP⁷, voir graphiques ci-après.

Les matières en suspension (MES) et le carbone organique dissous sont légèrement plus élevés que la norme.

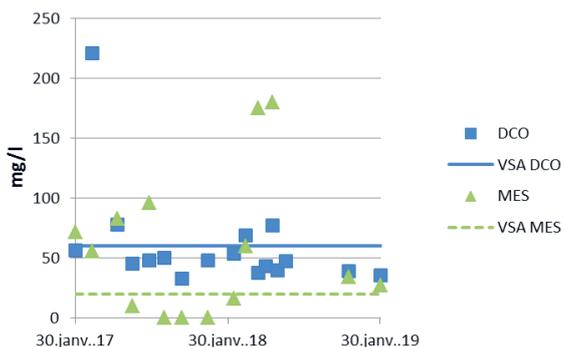
Cela s'explique pour les premières par la méthode de prise d'échantillon qui a causé l'apport de poussières et petites particules dans l'eau prélevée, et par la présence des tanins libérés par les plaquettes de bois pour le carbone organique dissout. L'eau est d'ailleurs légèrement colorée pour cette raison.

Certains micropolluants ont été mesurés. Ne disposant pas de mesures en entrée, ces mesures ont été comparées à la composition des eaux usées genevoises. Elles sont inférieures à ces concentrations et certains produits comme la caféine, le cyclamate et la gabapentine montrent des concentrations sensiblement inférieures, ce qui va dans le sens d'un abattement par le système. Des mesures en entrée seront nécessaires pour étudier précisément l'abattement des micropolluants organiques.

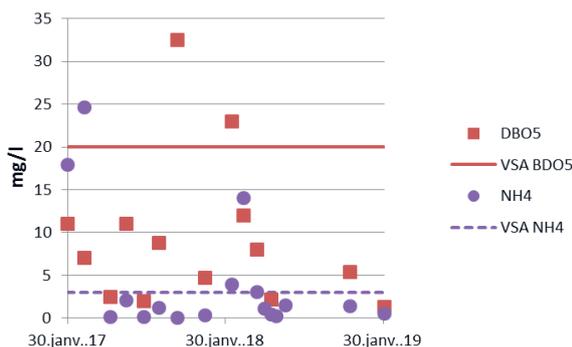
6 Kayla Coppens (2018): Wastewater filtration using vermicomposting – an analysis of a pilot study in Geneva. Master thesis UNIGE – University of Geneva

7 VSA - Association suisse des professionnels de l'eau (2017): Eaux usées en milieu rural

Station de Soubeyran – Sortie



Station de Soubeyran – Sortie



Mesures sur l'eau en sortie de la station de Soubeyran, comparées à la norme VSA pour petites STEP.

DCO: demande chimique en oxygène, VSA: association suisse des professionnels de la protection des eaux, NH4: ammonium, DBO5: demande biochimique en oxygène sur 5 jours, MES: matières en suspension

Par ailleurs, les mesures récentes n'ont pas décelé la présence de pathogènes dans l'eau recirculée (E. Coli et Entérocoques).

D'avantage de données seraient nécessaires pour évaluer la qualité sanitaire de l'eau recirculée.

Il n'existe pas de norme suisse pour la réutilisation d'eau traitée. Aucune contamination par l'eau traitée n'a été rapportée à ce jour.

Retour d'expérience après trois ans

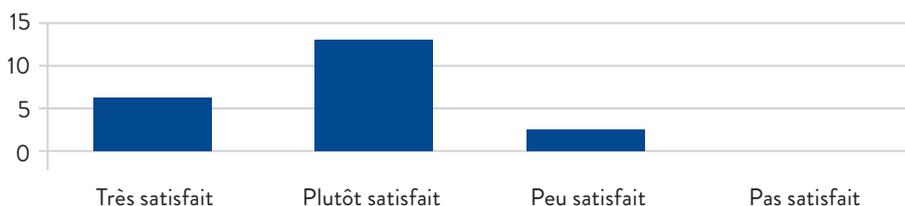
Hormis les problèmes de colmatage rencontrés avec les filtres à eaux grises, le système a fonctionné de manière exceptionnellement fiable durant les trois premières années. Comme à Cressy, nous avons invité tous les foyers à répondre à un sondage sur l'utilisation des toilettes après trois ans.

Sur 38 foyers, 23 sondages complets ont été rendus.

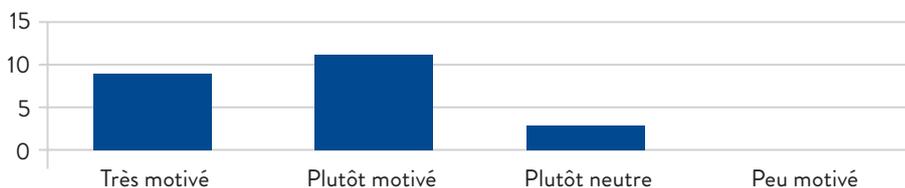
Parmi les principaux problèmes rencontrés, on note:

- i. La formation de struvite⁸ qui a tendance à colmater le tuyau d'urine, qui est difficile d'accès pour le déboucher (16 réponses sur 23).
- ii. L'entretien et le nettoyage plus difficile et plus fréquent que pour des toilettes normales (10/23).

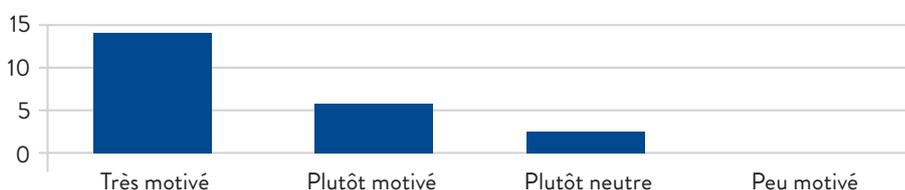
1. Globalement, êtes-vous satisfait du système de toilettes à compost installé à Soubeyran?



2. Lors de l'emménagement, étiez-vous motivé-e à utiliser ces nouveaux systèmes ?



3. Et maintenant?



⁸ La struvite est un sel qui se forme par précipitation de l'ammonium de l'urine et de magnésium. Au vu de la forte dureté de l'eau recirculée (qui se charge en minéraux dans les filtres minéraux), la production de struvite est plus élevée dans ce système qu'en utilisant de l'eau du réseau ou de l'eau de pluie.

- iii. Les odeurs, en particulier à l'extérieur, surtout au début (9/23).
- iv. L'eau colorée qui laisse plus facilement des traces dans la cuvette (8/23).
- v. L'ergonomie de la cuvette à séparation en particulier pour les femmes (mauvaise séparation) (5/23).
- vi. Le surplus d'eau nécessaire car la chasse doit être tirée plusieurs fois pour évacuer les fèces (3/23).
- vii. Le siphon qui a tendance à se vider, entraînant la remontée d'odeurs (2/23).
- viii. Les hommes refusent de s'asseoir (2/23).

Parmi ces problèmes, une bonne partie a pu être résolue grâce à la distribution d'un manuel d'utilisation et un meilleur entretien du composteur (moins d'odeurs) qui est disponible sur demande. Les problèmes d'ergonomie, de salissures/nettoyage et la formation de struvite restent cependant dérangeants pour environ la moitié des utilisateurs. Le problème des odeurs est très majoritairement lié au colmatage des filtres à eaux grises ou au manque de paille en surface (deux problèmes qui ont pu être réglés, voir ci-dessus).

Concernant le problème d'acceptation dû au fait que l'eau des chasses est colorée, nous avons testé l'utilisation de charbon de bois dans le filtre (en remplacement de la sciure), car il s'avère plus stable dans le temps et ne libère pas de tanins.

Vis-à-vis de l'acceptation par tous les membres du foyer, 30% répondent « c'est mitigé », 43% sont plutôt contents et chez les 27% restants « tout le monde est enthousiaste ». Par rapport à la reproductibilité du système à grande échelle, 15/23 répondent oui, 4/23 répondent « oui mais cela demande quelques adaptations » et 4/23 répondent non principalement pour les raisons citées ci-dessus.

Face à ces remarques, on constate que c'est principalement la cuvette à séparation qui pose problème aux utilisateurs et pas la STEP en elle-même. D'autres modèles de cuvette à séparation (plus ergonomiques) existent maintenant sur le marché, comme le modèle Save! de Laufen (voir photo ci-dessous).



— CHAPITRE 4 —

Les «Cacarrousels» de l'écoquartier des Vergers à Meyrin



Situation de départ

Fin 2012, peu après l'attribution de Soubeyran, un nouveau droit de superficie nous est attribué par la commune de Meyrin pour construire trois bâtiments totalisant environ 70 logements dans l'écoquartier des Vergers. Alors que nous n'avions pas encore définitivement choisi un système d'assainissement pour Soubeyran, nous devons déjà passer au projet suivant. De plus, aux Vergers, nous n'étions pas libres d'utiliser le terrain autour des immeubles (dont l'aménagement est mutualisé et piloté par la douzaine de maîtres d'ouvrage du quartier).

Il nous fallait donc trouver un nouveau système qui ne déborde pas de l'assiette des immeubles comme à Soubeyran et qui ne présente pas les contraintes architecturales de Cressy.

Une fois de plus, il nous a fallu innover. Nous avons demandé à Philippe Morier-Genoud d'imaginer un système avec lombricompostage des fèces «in situ», dans le local WC, directement sous la cuvette (qui pourrait également être installé dans un immeuble existant). A noter que nos architectes, Laura Mechkat et Sophie Reynaud du bureau

BLSA, se sont proposées spontanément pour tester les premiers prototypes chez elles, en famille. Encore aujourd'hui, nous pouvons les remercier pour leur engagement qui n'est sûrement pas étranger à la réussite de ce magnifique projet. De son côté, Philippe a également installé un prototype chez lui qui est opérationnel depuis bientôt quatre ans.

Afin de rester prudents, nous nous sommes limités dans un premier temps à 4 installations dans quatre appartements en veillant à ce que tout soit réversible, soit pour transformer les cuvettes

«standards» vers un système de compostage in-situ, soit le contraire.

Le développement s'est ainsi fait dans la contrainte de locaux et de gaines techniques dessinés pour des appartements

standards, dans des locaux WC aux dimensions réduites.

L'approche consistait à voir ce qui pouvait être fait dans ces conditions, tout en cherchant à faire simple et bon marché. Deux années d'essais avec

divers modèles pilotes ont permis de mettre au point un composteur tournant de 130l situé directement sous la lunette et présenté ici.

Expériences similaires dans le monde

Alors que les premiers égouts datent de l'antiquité¹, la récolte des «fèces directement sous les fesses» n'est sûrement pas nouvelle. Ralf Thielen, dans son rapport commandé par l'Office fédéral du logement en 2011² présente divers types de toilettes sèches et leur évolution. En Angleterre vers 1836 par exemple, il existe une véritable lutte commerciale entre les partisans de la «toilette à terre» et ceux de la «toilette à eau». Finalement, il semble que ce soient les travaux de Louis Pasteur qui portent un coup fatal à la récolte des fèces in-situ en raison des risques sanitaires. Dès 1880, une loi impose le tout-à-l'égout à Paris, système qui deviendra rapidement la norme dans tous les pays qui peuvent se le permettre.

Ceci dit, les toilettes sèches rencontrent aujourd'hui un regain d'intérêt pour différentes raisons. Il existe sur le marché plusieurs modèles de toilettes avec compostage intégré qui semblent principalement destinés aux camping-cars et bateaux et qui devraient pouvoir être utilisés en résidence principale (voir aussi en page 12).



Nous ne les avons pas testées et nous n'avons pas trouvé d'étude sérieuse quant à leur utilisation quotidienne. A noter que, de manière générale, la documentation scientifique de type «retour d'expérience» semble extrêmement lacunaire sur le sujet.

Il existe aussi bon nombre de personnes qui utilisent un simple seau à vider sur un tas de compost à l'extérieur tous les 2-3 jours, voire tous les jours suivant la quantité d'urine (principale source des problèmes d'odeur)³. Nous avons rencontré une famille à Genève qui

utilise ce système depuis des années avec une satisfaction complète (photo).

En immeuble et sans un grand jardin (avec un grand compost) pour accueillir les matières que nous déposons chaque jour dans nos toilettes, le système ci-dessus paraît difficile à implémenter. Nous avons donc opté pour un système qui demanderait moins de manutention et de vidanges. A notre connaissance, c'est une expérience nouvelle et nous n'avons pas trouvé de système équivalent.

1 Voir par exemple la page wikipedia sur les égouts - <https://fr.wikipedia.org/wiki/Égout>

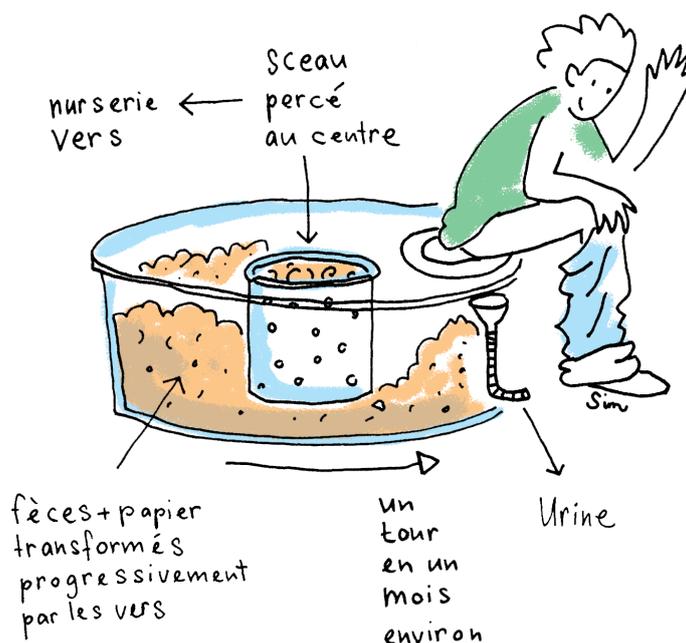
2 Voir l'étude de Ralph Thielen: Une gestion naturelle des eaux domestiques avec un prototype de toilettes à compost dans le cadre d'un projet d'habitation durable. Coopérative d'habitation Équilibre, 2011.

3 A noter qu'il existe de nombreux témoignages sur internet à propos des TLB – «toilettes à litière bio-maîtrisée» – où la sciure est utilisée en litière pour neutraliser les odeurs d'ammoniaque. Nous n'avons par contre pas trouvé d'exemple d'utilisation en immeuble et nous pensons que l'excès de liquides par rapport aux solides représente un enjeu à ne pas sous-estimer si tous les besoins se retrouvent dans un seau.

Principe de fonctionnement

L'idée est assez simple. Grâce à la cuvette à séparation, l'urine est évacuée hors du local sans être contaminée par les fèces (voir chapitre suivant sur le «pitribon»).

Les fèces sont récoltées dans le cacarrousel qui se situe directement sous la cuvette. Grâce à l'action des vers, elles se transforment en un à deux mois en un compost inodore qui devient facile à manipuler.



L'image de gauche ci-dessus illustre le cacarrousel installé dans un local WC de dimensions 84x160 cm. L'image du centre montre le tuyau qui permet d'évacuer l'urine via une conduite souple avec un siphon pour bloquer les odeurs⁴. L'image de droite illustre l'intérieur du composteur avec son plateau tournant et un seau au centre pour servir de refuge – «nursérie» ou «pouponnière» – pour les vers de terre. Ce seau n'accueille pas nos déjections mais plutôt

une litière de feuilles et déchets de fruits et légumes. En effet, la diversification des milieux est importante pour les lombriciens, afin d'assurer entre autres la reproduction. Les fèces et le papier atterrissent directement sous la lunette et sont recouverts à chaque utilisation par un peu de compost mûr. Lorsque le niveau arrive juste sous la cuvette, on fait tourner le système d'environ $\frac{1}{5}$ de tour pour amener du compost mûr sous la cuvette. Si les vers ont bien fait leur

travail, il ne reste presque plus de compost à cet endroit et l'on peut à nouveau y déposer des matières fraîches.

Un tour complet de carrousel va durer un mois environ⁵. Les excréments et papiers auront été suffisamment transformés en compost pour que les vers aillent coloniser de la matière plus fraîche. Pour deux utilisateurs et selon la quantité de vers actifs, le volume aura tellement diminué qu'il n'est pas

⁴ L'urine, avec un peu d'eau de rinçage, est ensuite évacuée soit vers les conduites d'égout, soit vers un système de traitement spécifique, voir chapitre suivant.

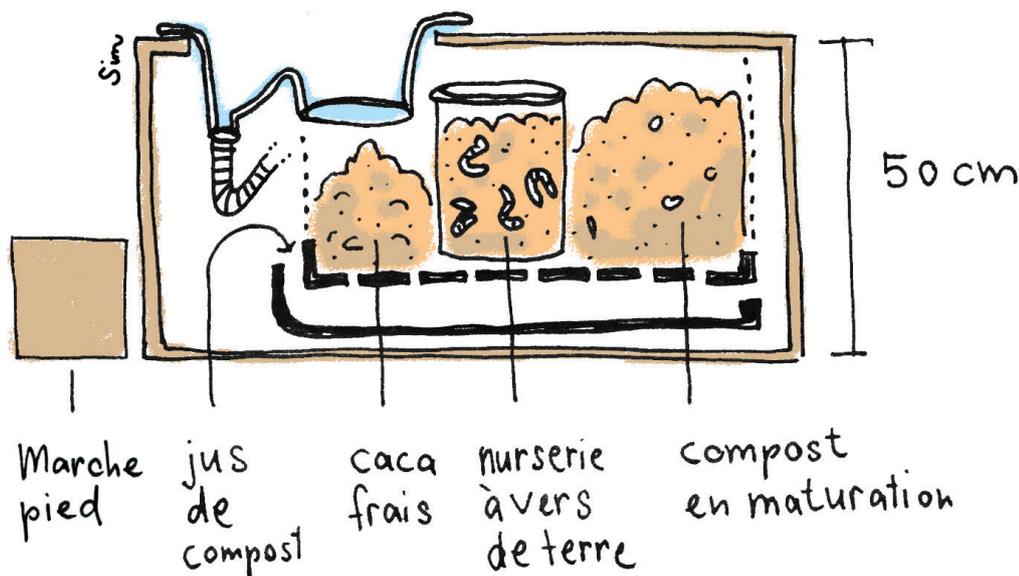
⁵ La durée va dépendre du nombre d'utilisateurs, de leur régime alimentaire et de l'activité des vers de terre. Un mois est une moyenne pour deux utilisateurs.

nécessaire de le vidanger. Ainsi, le système peut tourner en circuit fermé sans vidange (voir le retour d'expérience).

Ceci dit, nous avons prévu de pouvoir récolter le précieux compost dans un local de compostage situé dans un des trois bâtiments.

Ce local est aujourd'hui utilisé presque exclusivement pour des déchets de cuisine.

Description & dimensionnement



Le cacarousel occupe un espace au sol de 84x90 cm pour une hauteur de 50 cm – il faut donc un marchepied pour s'installer confortablement.

Le système peut accueillir environ 100l de matières avec un seau de 10l au milieu qui sert de pouponnière. Le volume des matières diminue rapidement grâce au lombricompostage, qui dure environ deux mois pour que le compost soit entièrement transformé et homogène.

Comme mentionné plus haut, une fois que le compostage est suffisamment efficace, il est possible de se passer de vidange. Le but est donc d'activer la décomposition, et ainsi réduire le volume de compost par habitante.

Il s'agit en quelque sorte d'améliorer le rendement d'un élevage de lombriciens sur fèces humaines. L'état actuel des connaissances montre que 50l/hab. est un volume de compostage suffisant pour la plupart des utilisateurs (le volume d'excrément produit dépend du régime alimentaire et certains utilisateurs peuvent avoir un bon fonctionnement

avec 25 litres de compost par habitante), ce qui est déjà sensiblement mieux que dans un système traditionnel de toilettes sèches (Cressy: 300l/hab.), dans lequel urine et fèces sont mélangées.

En l'absence d'urine, les fèces peuvent être colonisées immédiatement par des vers de terre (pH inférieur, environ 7.5), et sont compostées sans dégagement d'odeurs – voir également paragraphe suivant.

Entretien, maintenance et vidange

Outre le fonctionnement décrit ci-dessus, il est nécessaire de vérifier régulièrement que le compost est suffisamment humide pour que les vers s'y sentent bien. L'humidification peut être réalisée soit en versant de l'eau directement dans le compost, soit en utilisant un pulvérisateur. Si trop d'eau est ajoutée, elle ruissellera jusqu'au fond du cacarrousel. Une pompe à main permet d'évacuer cette eau.

Il est recommandé pour de futurs projets de permettre le réglage du chauffage au sol indépendamment des autres pièces afin d'éviter une chaleur asséchant plus rapidement le compost. À l'heure actuelle, le système est toujours habité par des petits mouchérons.

Ceux-ci ont apparemment un cycle de gestation avant éclosion. Il est donc difficile de trouver un traitement efficace pour les éliminer. Actuellement, les moyens mis en place sont:

- pulvérisation d'un mélange d'huile de neem et d'eau sur le papier toilette qui recouvre les fèces fraîches;
- garantir une population élevée de vers permet de limiter également la population de mouchérons;
- un piège à mouchérons électrique, qui les attire avec une lampe UV est suffisamment efficace pour que les mouchérons ne volent pas dans l'appartement;

- L'accueil et la prolifération des araignées dans le composteur permet également la mise en place d'un piège naturel.

Il arrive parfois que le tuyau d'évacuation de l'urine se bouche, probablement par effet de cristallisation de l'urine (struvite). Le tuyau peut être débouché en utilisant soit du vinaigre soit de l'acide citrique qui dessoudera le bouchon d'urine. Si cela n'est pas suffisant, il faut alors débrancher le tuyau et le nettoyer.



Zone de maraîchage au pied des immeubles de la coopérative Équilibre aux Vergers.

Aération & odeurs

Dans des conditions bien aérées favorables aux vers de surface, nos excréments fécaux sont rapidement colonisés par des lombriciens et, dès lors qu'ils sont recouverts de matière organique, ils ne dégagent pratiquement pas d'odeur.

Ainsi, dans le composteur centralisé de la rue Soubeyran, le grand compost des eaux noires recouvert de paille ne sent pas mauvais; il s'en dégage une odeur d'humus.

Aux Vergers, les locaux sont ventilés comme n'importe quel local sanitaire et les utilisateurs n'ont pas mentionné de problèmes d'odeurs. Par ailleurs, le premier modèle expérimental en place depuis quatre ans est placé dans un local sans ventilation contrôlée et ne sent pas.

Le mélange entre matières fécales et urine devient par contre très vite mal odorant, c'est une des raisons pour séparer l'urine de nos excréments fécaux (ou la diluer avec de l'eau, comme à Soubeyran).

De plus, l'urine est nocive pour les lombriciens car elle augmente fortement le pH des matières (l'acidité diminue, le liquide devient basique). Si on veut la conserver, il faut l'enfermer ou la transformer. Dans un processus de transformation aérobie sur filtre bactérien, la transformation peut se faire sans dégagement d'odeurs – voir chapitre suivant.

Surcoûts

Les surcoûts liés à la construction du prototype de traitement des fèces aux Vergers sont présentés dans le tableau ci-dessous. Ces coûts ne comprennent pas le traitement des eaux grises, évacuées vers les égouts, ni le traitement des urines, présenté au chapitre suivant.

Ces coûts se décomposent en deux catégories: les honoraires de recherche et développement et les surcoûts constructifs par rapport à un système de toilettes standard. Ramenés au nombre de systèmes installés, les honoraires de recherche et développement sont particulièrement élevés (en raison du faible nombre d'utilisateurs qui testent ce système).

Dans ce projet, nous avons obtenu une subvention, mais aucune baisse de la taxe de raccordement n'a été demandée, les eaux grises étant évacuées vers le réseau d'égouts. En tenant compte de la subvention, les coûts se montent à un peu plus de CHF 3'500.– /hab., dont 85% pour des honoraires de recherche et développement⁶. Ces coûts pourront être considérablement réduits dans des projets futurs qui reproduiraient ce système, d'autant plus si un espace extérieur peut être alloué aux composteurs centralisés, comme c'est le cas dans le projet de Cressy.

⁶ A noter que nous n'incluons pas la construction du local de compostage dans ces coûts car il s'est révélé inutile pour les toilettes (il est actuellement utilisé pour accueillir les déchets de cuisine).

Vergers – fèces (15 habitantes)^a		
Surcoûts d'investissement	<i>CHF (HT)</i>	<i>CHF/hab.</i>
Recherche et développement	45 000.00	3 000.00
Construction (locaux techniques inclus)	18 400.00	1 226.70
Total des surcoûts d'investissement	63 400.00	4 226.70
<i>Subvention unique</i>	-10 000.00	-667.00
<i>Réduction de la taxe de raccordement^b</i>	-	-
Total des surcoûts avec réductions	53 400.00	3 559.70
Coût annualisés	<i>CHF (HT)</i>	<i>CHF/hab.</i>
Frais d'entretien courant	2 500.00	166.70
Frais de suivi et d'analyse ^c	-	-
Amortissement (uniquement coûts de construction)	613.30	40.90
Total des surcoûts annualisés	3 113.30	207.60

^a Les coûts couvrent uniquement le traitement des fèces avec le cacarrousel

^b Il n'y a pas de réduction car tous les foyers sont connectés au tout-à-l'égout.

^c Les éventuels frais de suivi sont reportés sur les frais d'entretien car les habitantes ont régulièrement besoin de l'intervention d'un spécialiste.

Les coûts annualisés ont été calculés en considérant les frais d'entretien (travail des habitantes), les frais d'analyses et de suivi par un biologiste (à des fins d'amélioration du système) et en tenant

compte d'un amortissement sur 30 ans. Comme pour Cressy et Soubeyran, nous verrons au chapitre 6 que les surcoûts sont en partie compensés par les économies d'eau.

Contraintes techniques et architecturales

Il n'y a pas de contraintes particulières pour installer un cacarrousel dans un local WC à part la dimension du local et la ventilation standard que l'on installe dans n'importe quelle salle d'eau.

La seule contrainte concerne l'urine qui sera soit évacuée via la conduite d'égout, soit dans un bidon qui devra être vidé tous les jours.

Si l'on veut récupérer l'urine pour la transformer en engrais, il faut bien sûr prévoir un dispositif spécial, tel que celui décrit au chapitre suivant.

Production de compost

Avec maintenant plusieurs années de recul, avec les cinq cacarrousel installés (quatre aux Vergers et un chez l'inventeur), la production de compost est quasi nulle.

Comme à Soubeyran, les vers transforment continuellement les fèces en gaz et aucune vidange n'est nécessaire une fois que le système est en mode opérationnel.

Ainsi, le local de compostage que nous avions prévu pour accueillir le compost des toilettes a été réaffecté pour accueillir le compost des déchets de cuisine des habitantes (et en tant qu'élevage de vers en cas de chute de population dans les cacarrousel).

Retour d'expérience après deux à quatre ans

Le premier modèle expérimental est en usage quotidien chez Philippe Morier-Genoud depuis bientôt quatre ans, au service de deux personnes. Il n'a pas besoin d'être vidé, car la matière organique s'y décompose au rythme d'alimentation du compost, c'est à dire que 100 à 200 kg de caca s'y transforment chaque année en gaz carbonique et en eau.

Dans nos bâtiments aux Vergers, le cacarrousel a été mis en service début 2018 pour quatre familles, dans une première étape d'essai sur site. Les résultats sont inégaux du fait que seules deux toilettes sont en usage exclusifs, alors que deux logements disposent en parallèle d'un WC conventionnel.

Le nombre d'utilisateurs par toilette est variable. Les utilisateurs ont des régimes alimentaires différents (la masse fécale varie de 50 à 180 kg en moyenne par habitant et par an pour des pays qui ont des habitudes alimentaires différentes). De plus, la cuvette à séparation pose passablement de problèmes, comme à Soubeyran. Les enfants assis à l'avant font caca dans le compartiment pour l'urine ou alors de l'urine (toxique pour les vers⁷) se retrouve dans les composteurs, soit parce que les hommes ont refusé de s'asseoir (visiteurs), soit parce que la cuvette n'est pas adaptée à l'anatomie féminine.

Il en ressort cependant un constat uniforme: le local de compostage collectif dans lequel devaient être vidés les excédents des cacarrousel n'a presque pas été utilisé car les volumes à vidanger sont extrêmement faibles, voire nuls.

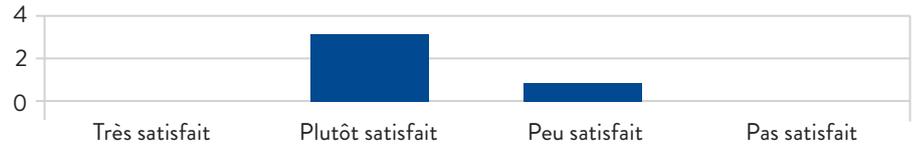
Un problème majeur est la présence de moucheron du genre Scatops, seuls insectes que nous n'avons pas réussi à éviter. Il s'agit d'une espèce capable de se reproduire dans la nuit sans vol nuptial et qui ne semble pas être affectée par l'activité des vers de terre.

Il y a probablement une solution simple à ce problème, mais nous ne l'avons pas encore trouvée. Pour le moment, des lampes pièges sont installées qui limitent fortement l'intrusion de ces animaux dans l'appartement.

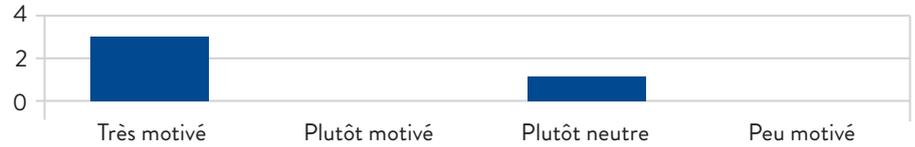
⁷ Le système de Cressy tolère l'urine parce qu'elle tombe sur la partie arrière du composteur, alors que les vers colonisent la partie avant. Dans cette partie colonisée par les vers, le compost est humidifié par un peu d'urine (en partie nitrifiée) qui remonte par capillarité.

Le sondage ci-dessous n'était adressé qu'aux quatre familles utilisatrices:

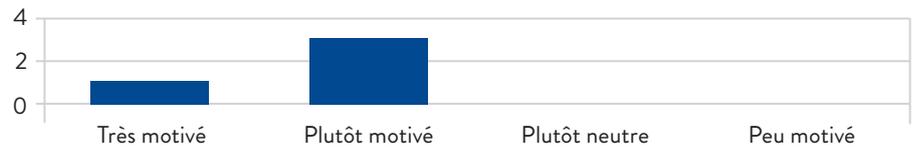
1. Globalement, êtes-vous satisfait du système de toilettes à compost installé aux Vergers?



2. Lors de l'emménagement, étiez-vous motivé à utiliser ces nouveaux systèmes?



3. Et maintenant?



En conclusion ce troisième système demande plus d'adaptation que les deux autres avant de pouvoir être généralisé (adaptations en particulier de la part des utilisateurs, mais aussi du point de vue technique par rapport aux éventuels mouchérons).

Il se révèle néanmoins très prometteur pour des immeubles existants ou sans possibilité de construire une station comme celle de Soubeyran. Installé en parallèle avec un récupérateur d'urine tel que présenté dans le chapitre suivant, ce système nous paraît extrêmement cohérent.

A noter que, à la demande des habitantes et en fonction de ce premier bilan, nous allons installer six nouveaux cacarrousel aux Vergers dans six nouveaux appartements.

— CHAPITRE 5 —

Production d'engrais «pitribon» à partir de l'urine compostée sur charbon



Situation de départ

Aux Vergers, sous l'impulsion de la commune de Meyrin, une démarche participative citoyenne a été mise en place dès 2013, trois ans avant l'arrivée des premières habitantes dans le quartier. C'est ainsi que l'écoquartier en devenir,

sous l'impulsion des futures habitantes dont plusieurs membres actifs de notre coopérative, s'est peu à peu transformé en agro-quartier, avec environ un hectare de terre cultivable (sur 16 hectares au total pour ce nouveau

quartier de 3'000 habitantes). C'est dans ce contexte que Philippe Morier-Genoud a développé un nouveau système de traitement des urines pour produire de l'engrais naturel, le «pitribon», pipi nitrifié sur charbon.

L'urine en tant qu'engrais

Les plantes ont besoin, entre autres, d'azote, de phosphore, de calcium et de potassium pour se développer. Ces éléments, les plantes les puisent dans les sols, dans l'eau et parfois dans l'air. Par exemple, dans la nature, l'azote du sol provient de plusieurs sources, dont les

déjections animales, la décomposition des végétaux et la fixation naturelle de l'azote qui se trouve dans l'air (voir schéma sur le cycle de l'azote au chapitre 1). Dans l'agro-industrie, ces éléments sont apportés sous forme d'engrais dont le principal composant est

l'urée de synthèse (qui nécessite de grandes quantités d'énergie fossile pour la production et le transport).

L'urine des mammifères contient de l'urée naturelle. Or, les êtres humains représentent 36% de la masse des

mammifères terrestres, les animaux domestiques 60% et les animaux sauvages 4%¹. Récupérer l'azote qui se trouve dans l'urine des humains et des animaux domestiques apparaît donc comme une évidence². A tel point que les engrais de synthèse pourraient être entièrement remplacés par de l'engrais naturel dérivé de l'urine des humains et des animaux domestiques. Question dimensionnement, l'urine d'une personne représente un volume

d'environ 550 l/an et permet de fertiliser suffisamment de terre arable pour se nourrir avec un régime végétarien.

En effet, les terres arables correspondent aujourd'hui à environ 0,18 ha ou 1'800 m² par personne dans le monde, dont les $\frac{3}{4}$ servent à nourrir des animaux domestiques (selon wikipédia). Or, selon le rapport 2004 du Swedish Environmental Institute (Université suédoise des sciences agricoles) *Guidelines on the use of urine and faeces*

in crop production, l'urine d'une personne pourrait fertiliser typiquement 200 à 600 m², soit un sixième à un tiers de la surface arable actuelle. Avec un régime végétarien, on peut donc supposer que l'urine d'une personne suffirait à fertiliser la terre qui sert à la nourrir. Avec un régime carné, il faudrait simplement y ajouter l'urine des animaux d'élevage.

Principes de fonctionnement

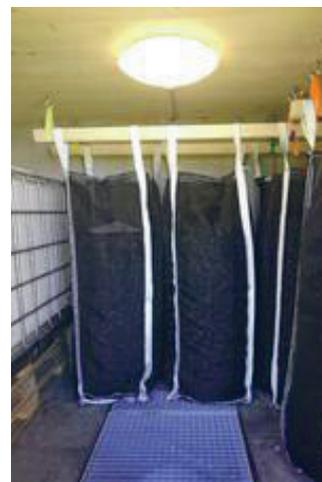
Comme pour le compostage des fèces, nous allons tenter de reproduire ce que fait la nature. La nature transforme la matière organique contenue dans l'urine jusqu'à ce que toute son énergie chimique ait été valorisée par les décomposeurs. L'azote que nous rejetons dans l'urine sous forme d'urée provient de la dégradation de nos protéines et se transforme d'abord en ammonium, qui est volatile. La plupart des plantes ont un grand besoin de récupérer nos rejets d'azote et l'assimileront facilement sous forme d'ammonium. Tout ce qu'elles ne

peuvent pas prélever immédiatement sous cette forme chimique sera transformé par des bactéries en une forme non volatile, le nitrate qui se fixera provisoirement sur l'humus du sol.

Les bactéries qui transforment l'ammonium en nitrate peuvent se fixer en grand nombre sur des supports poreux comme les particules de bois frais ou carbonisé. Nous utilisons donc le charbon de bois pour filtrer l'urine et favoriser sa transformation en un liquide chimiquement stable et inodore.

Les études sont en cours pour mesurer les pertes d'azote par volatilisation qui seraient causées par cette forme de digestion aérobie.

Concrètement, dans ce système, la collecte d'urine se fait dans des toilettes séparatives et l'urine est conduite séparément sur des filtres verticaux composés de charbon actif, accompagnée de très peu d'eau (provenant du rinçage du compartiment pour l'urine dans les cuvettes de toilettes à séparation).



1 The biomass distribution of the earth. Yinon M. Bar-On, Rob Phillips, and Ron Milo. Proceedings of the National Academy of Sciences. USA. June 19, 2018 115 (25) 6506-6511.

2 Nous avons trouvé deux ouvrages qui abordent cette question: «L'urine de l'or liquide au jardin» de Renaud de Looze, éditions de Terran, 2016 et «Liquid Gold - The Lore and Logic of Using Urine to Grow Plants» de Carol Steinfeld. Ecowaters books, 2004.

L'urine est nitrifiée dans ces filtres – elle est donc stabilisée et transformée en engrais, qui est stocké dans une fosse en béton puis pompée dans une cuve d'environ 1 m³.

Les filtres organiques se situent dans un abri construit sous un balcon, au niveau du rez-de-chaussée. Le local est ventilé avec l'air du parking souterrain, qui assure une température suffisante pour la nitrification durant toute l'année. La première photo (à gauche) illustre le transfert de charbon vers le local situé sous un balcon afin de remplir les filtres. La deuxième photo montre la cuve de

1'000 l. Les deux photos de droite montrent les filtres à charbon d'une hauteur de 2 m environ. L'urine s'écoule par gravitation depuis les toilettes à séparation sur le haut des filtres puis à travers les filtres.

Au passage du filtre et sous l'action des bactéries qui sont présentes dans le charbon, l'urée se nitrifie, transformant l'urine en liquide incolore et inodore. Le pitribon est alors prêt pour une utilisation dans le jardin. Il est récolté dans une fosse en béton d'environ 200 l située sous la grille au sol que l'on devine sur la photo de droite. Lorsque ce réservoir

est plein, une pompe de relevage envoie le liquide dans la cuve de 1'000 l.

Les jardiniers peuvent ensuite remplir directement leurs arrosoirs à l'aide d'un petit robinet à l'extérieur. Nous avons également installé une deuxième cuve de 1'000 l située à l'extérieur, proche des plantations, et remplie régulièrement à l'aide d'une deuxième pompe de relevage. Cette deuxième cuve est utilisée par la coopérative agricole des Vergers.

Expériences similaires dans le monde

L'urine humaine est utilisée dans de nombreux pays comme engrais, souvent en épandage direct et sans stabilisation (la stabilisation chimique permet de fixer l'azote pour le rendre accessible aux plantes et ainsi éviter les effluves d'ammoniaque à l'origine des mauvaises odeurs). Dans ce cas, il est recommandé de laisser reposer l'urine environ 6 mois avant épandage afin de tuer les pathogènes. On trouve ce type d'utilisation à petite échelle (jardin individuel) tout comme à plus grande échelle, par exemple en Suède. Les Suédois ont d'ailleurs publié diverses études à ce sujet que l'on trouve sur internet, dont: *Guidelines on the use of urine and faeces in crop production*, Swedish environmental institute, 2004. Par ailleurs, les fumures animales sont épandues dans les champs un peu partout dans le monde.

En Suisse, l'Eawag – Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau à Zurich – se penche sur la question de la valorisation agricole de l'urine depuis plusieurs années. L'Eawag a notamment développé un engrais à base d'urine, l'Aurin, homologué et distribué en Suisse. Ce produit et le système de traitement sont maintenant commercialisés par la start-up Vuna. L'Aurin est produite en faisant subir à l'urine fraîche différentes étapes de traitement: elle est d'abord stabilisée et nitrifiée par un procédé bactériologique dans une colonne aérée (comme dans nos filtres à charbon), puis filtrée sur charbon actif, avant d'être concentrée par distillation.

Ailleurs dans le monde, l'intérêt pour l'utilisation de l'urine en tant qu'engrais va certainement aller crescendo avec la pénurie annoncée des ressources en eau et en phosphore, comme en témoigne le *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources eau* (publié en 2017 – voir www.unesco.org).

A noter que de nombreux laboratoires de recherche se penchent aujourd'hui sur ces questions comme l'Eawag à Zurich, le Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains (Leesu) à Paris ou encore l'IMM2E (Institut Montpellierain de l'eau et de l'environnement), rattaché à l'université de Montpellier. Cet institut est d'ailleurs appelé à se transformer bientôt en Centre international UNESCO dédié à l'eau (voir www.im2e.org).

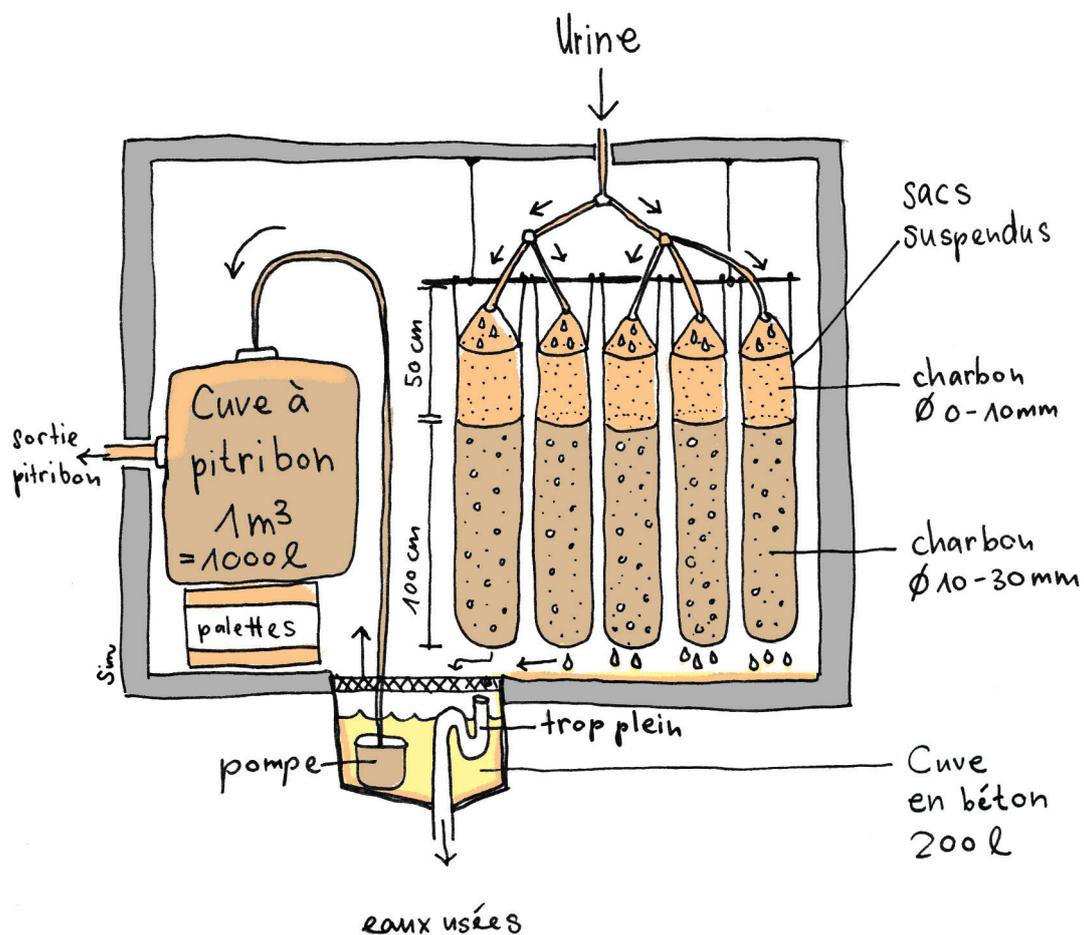
Description & dimensionnement

Ce système de filtres a été développé et testé par Philippe Morier-Genoud. Des essais ont été faits sur des matériaux organiques et sur des matériaux minéraux. Le charbon de bois s'est révélé particulièrement intéressant, assurant une bonne dégradation de l'urée en nitrate. Les conditions favorables à la nitrification le sont également pour la dégradation de nombreuses autres molécules organiques, dont en particulier les micropolluants organiques de synthèse³.

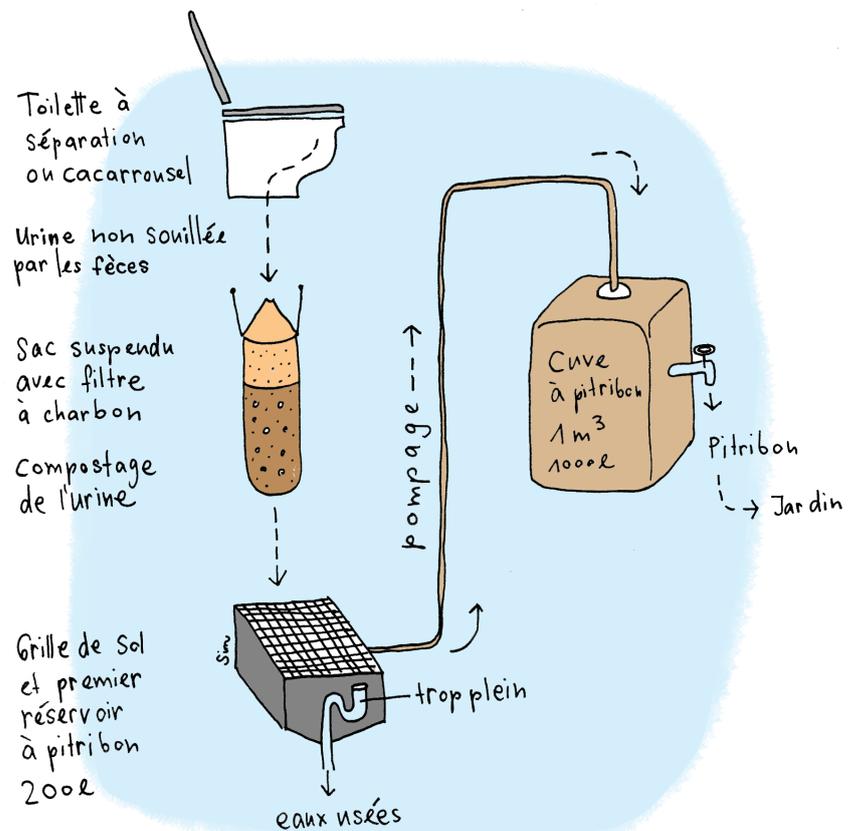
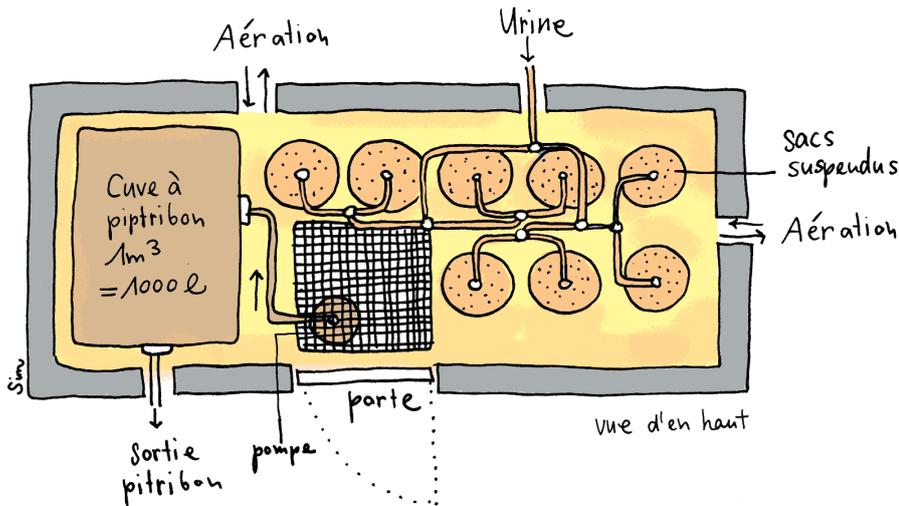
Le charbon est un bon support bactérien grâce à sa structure extrêmement déployée. Les particules et les solutés organiques piégés par le charbon sont digérés par la flore bactérienne, ainsi la capacité filtrante s'auto-entretient. 80 l de charbon/habitante ont été installés aux Vergers, mais les essais en laboratoire laissent penser que ce volume pourrait être réduit.

Le dimensionnement des filtres doit tenir compte de la température ambiante et du débit. Les bactéries nitrifiantes sont à leur maximum d'activité aux environs de 26 degrés et cessent toute activité en dessous de 13 degrés.

Ce système est encore en cours de développement – les pertes en azote devront notamment être quantifiées, d'une part parce que nous voulons préserver un engrais de valeur, et d'autre part parce que les fuites sous forme d'ammoniac dérèglent les équilibres écologiques. Par ailleurs, la composition de l'engrais produit sera testée et des essais agricoles seront conduits. L'objectif à terme est l'homologation de cet engrais, car en agriculture, seuls les engrais homologués sont autorisés.



3 Voir la publication de l'OFEV (Office fédéral de l'environnement), 2012, *Micropolluants dans les eaux usées urbaines*



Entretien, maintenance et vidange

Nous n'avons pas suffisamment de recul pour parler d'entretien. Le charbon se comporte comme un support bactérien et il ne semble pas être altéré par le passage de l'urine.

Actuellement, le système fonctionne sans souci depuis plusieurs mois. L'avenir nous dira si une sédimentation minérale ou organique viendra un jour colmater les filtres, ce qui pourrait nécessiter leur remplacement ou un doublement de l'installation afin de ménager aux filtres des périodes de repos pour décomposer les sédiments.

Les essais hors site n'ont pas montré de telles formations. Nous devons aussi être attentifs aux risques de précipitation de l'urine (formation de struvite) qui peuvent survenir avec des toilettes séparatives (voir le chapitre sur Soubeyran).

Aération & odeurs

Avec seulement quelques mois de recul, il est difficile de se prononcer. Si l'urine peut s'écouler dans le local sans avoir traversé le filtre, les odeurs d'ammoniaque deviennent rapidement insupportables. C'est arrivé une fois sur une période d'environ 24 h (en raison d'un tuyau déboîté) et des plaintes de voisins n'ont pas tardé.

Nous savons tous que l'urine est potentiellement très malodorante et dans tous les cas le local de filtrage doit être fermé et bien ventilé, surtout en cas de fuites d'urine.

Concernant l'engrais produit, le manque d'odeur et de couleur du liquide fait que

l'on pourrait facilement le confondre avec de l'eau. Sachant qu'il est composé à 100 % d'urine transformée, l'absence d'odeur du pitribon et le peu d'odeurs dans le local depuis 6 mois représentent déjà un formidable résultat.

Surcoûts

Les surcoûts liés à la construction du prototype de traitement des urines aux Vergers sont présentés dans le tableau

ci-dessous. Ces coûts ne comprennent pas le traitement des eaux grises, évacuées vers les égouts, ni le traite-

ment des fèces, présenté au chapitre précédent.

	Vergers – urine (20 habitantes)^a	
	<i>CHF (HT)</i>	<i>CHF/hab.</i>
Surcoûts d'investissement		
Recherche et développement	45 000.00	2 250.00
Construction (locaux techniques inclus)	55 000.00	2 750.00
Total des surcoûts d'investissement	100 000.00	5 000.00
Subvention unique	-10 000.00	-500.00
Réduction de la taxe de raccordement ^b	-	-
Total des surcoûts avec réductions	90 000.00	4 500.00
Surcoûts annualisés	<i>CHF (HT)</i>	<i>CHF/an*hab.</i>
Frais d'entretien courant	500.00	25.00
Frais de suivi et d'analyse	2 000.00	100.00
Amortissement sur 30 ans (uniquement coûts de construction)	1 834.00	91.70
Total des surcoûts annualisés	4 334.00	216.70

* Les coûts couvrent uniquement le traitement de l'urine.

^b Il n'y a pas de réduction car la plupart des foyers sont connectés au tout-à-l'égout.

Ces surcoûts se décomposent en deux catégories: les honoraires de recherche et développement et les surcoûts constructifs par rapport à un système de toilettes standard (incluant la construction d'un local technique supplémentaire pour accueillir les filtres à charbon). Les honoraires de recherche et développement sont élevés car ils sont ramenés à un faible nombre d'utilisateurs qui testent ce système. Dans ce projet, nous avons obtenu une

subvention, mais aucune baisse de la taxe de raccordement n'a été demandée, les eaux grises étant évacuées vers le réseau d'égouts. En tenant compte de la subvention, les coûts se chiffrent à CHF 4'500.-/ habitante, dont la moitié pour des honoraires de recherche et développement.

Les coûts annualisés ont été calculés en considérant les frais d'entretien, les frais d'analyses et de suivi par un biologiste

(à des fins d'amélioration du système) et en tenant compte d'un amortissement sur 30 ans. Afin de pouvoir comparer le coût de ce système avec le tout-à-l'égout présenté au chapitre 6, nous avons évalué, pour les Vergers, les surcoûts d'un système qui combine le traitement de l'urine présenté ici avec le traitement des fèces présenté au chapitre précédent.

Contraintes techniques et architecturales

Les contraintes architecturales sont liées aux problématiques suivantes :

- toilettes à séparation avec tuyauterie séparée pour amener l'urine des toilettes jusqu'au sommet des filtres ;
- local de filtration suffisamment grand et bien ventilé (nous avons un local de 8m² environ pour 20 personnes, incluant un réservoir de 1'000 l avec 2 mois d'autonomie) ;
- prévoir une cuve suffisamment grande (50 l/hab. pour 2 mois d'autonomie) ;
- accès à l'engrais et transfert de l'engrais au jardin ;
- entretien des tuyaux de récolte d'urine pour éviter la formation de struvite⁴ ;
- contrairement à l'Aurin⁵, notre engrais n'est pas concentré, il est même dilué dans un peu d'eau rajoutée par les utilisateurs pour rincer le système à chaque utilisation. Cela facilite son utilisation mais pas son transport.

A noter que nous avons initialement prévu une cuve de 10'000 l enterrée en pensant que l'engrais serait extrait deux fois par an, mais cela aurait doublé le coût du système et n'aurait pas facilité l'utilisation de l'engrais par les jardiniers amateurs.

Analyses et résultats

Un travail de master en collaboration avec l'Eawag va débuter en 2021 et analyser la transformation de l'azote, du phosphore et de composants carbonés sur différents types de substrats.

Il est en effet prévu de pouvoir prélever des échantillons avant et après le filtre ainsi qu'à la sortie de la cuve de stockage afin de voir dans quelle mesure les nutriments sont conservés, les polluants sont éliminés et le liquide obtenu est chimiquement stabilisé.

4 Voir par exemple la *Note pour concevoir et exploiter les réseaux de collecte de l'urine humaine*, Florent Brun (Leesu, programme Ocapi), février 2019

5 L'Aurin est l'engrais à base d'urine produit en Suisse par la société Vuna, voir: www.vuna.ch/aurin

Expériences avec l'engrais

Nous avons la chance de pouvoir exploiter des jardins potagers juste derrière nos bâtiments. C'est ainsi que nous avons mis en place, depuis mars 2020, une expérience avec deux rangées de petits potagers, l'une avec engrais pitribon et l'autre sans (alors que les autres paramètres – ajout de compost et arrosage – sont quasi identiques).

Ces petits potagers sont cultivés par des habitantes du quartier dont plusieurs habitent nos immeubles. La photo de droite illustre ces deux rangées et on

voit déjà – sur la droite de la photo – que la rangée qui bénéficie du pitribon est en avance sur celle de gauche – tout y pousse plus vite et de manière plus vigoureuse.

Sur le tableau de gauche, on peut voir les récoltes de l'année 2020, sur deux parcelles d'environ 20m² chacune (l'une avec et l'autre sans pitribon), cultivées par cinq jardiniers amateurs. La quantité de pitribon utilisée par m² est d'environ 1 l tous les 15 jours, (dilué avec au moins 1 l d'eau et répandu avec un arrosoir).

Sur la base de cette première expérience, nous allons mettre en place une série de tests sur de plus grandes surfaces avec l'Hepia – la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture.

A noter que le moindre rendement sur les haricots était prévisible, car les haricots captent l'azote de l'air et préfèrent des sols moins riches, contrairement aux courges et choux (que nous n'avons pas encore pu tester).

	Avec engrais (kg)	Sans engrais (kg)	Différence (%)
Courgettes	55.6	24.3	+129%
Tomates	18.4	7.7	+139%
Concombres	20.6	9.6	+115%
Salades	6.7	4.8	+40%
Fenouils	1.2	0.8	+50%
Colraves	7.7	4.5	+72%
Haricots verts	0.6	1.0	-44 %



Retour d'expérience après un an

Avec le peu de recul que nous avons sur ce système de filtration des urines, nous pouvons déjà affirmer:

- les contraintes architecturales sont relativement faciles à résoudre;
- mis à part des cuvettes à séparation et l'obligation d'utiliser très peu d'eau pour «accompagner» l'urine, le système n'a aucun impact sur le confort des utilisateurs;
- il s'agit d'un système simple et efficace pour stabiliser chimiquement l'urine et neutraliser les mauvaises odeurs;
- le pouvoir fertilisant de l'engrais est spectaculaire, voir ci-dessus;
- la composition de l'engrais, ainsi que les teneurs éventuelles en pathogènes et micropolluants doivent également faire l'objet de mesures plus approfondies.

Sur la base de ces premières observations, nous sommes extrêmement motivés pour mettre en place une batterie de tests et collaborer avec la coopérative agricole des Vergers pour commencer à utiliser notre engrais à l'échelle de quelques milliers de m² dès l'an prochain (2021).

— CHAPITRE 6 —

Synthèse et conclusions

Comparaison avec le tout-à-l'égout

Les quatre tableaux ci-après présentent des comparaisons entre les trois systèmes que nous avons testés et le tout-à-l'égout. Le premier tableau permet de rappeler les caractéristiques des divers systèmes. Le deuxième présente leurs avantages et inconvénients. Les deux derniers tableaux présentent une comparaison des coûts à l'investissement et annualisés.

Caractéristiques des systèmes

Tout-à-l'égout	Cressy	Soubeyran	Vergers
Raccordement aux réseaux des eaux usées et des eaux claires. Les coûts présentés sont des moyennes suisses sauf pour le raccordement lui-même, où nous avons pris la même valeur pour les 4 systèmes (CHF 900.-/hab), voir ci-après.	Immeuble de 13 logements qui sont tous équipés de toilettes sans eau avec compostage des urines, fèces, papier et copeaux de bois dans des lombricomposteurs indépendants situés au sous-sol. Les eaux grises sont traitées sur site et les coûts de ce traitement sont inclus dans les comparaisons. Ce système a été testé par une cinquantaine de personnes pendant 10 ans.	Immeuble de 38 logements qui sont tous équipés de toilettes à séparation avec chasses d'eau. Les urines, fèces, papier et l'eau sont réunies dans une cuve, broyées, puis réparties sur un grand filtre à lombricompostage situé dans le jardin. Les eaux grises sont traitées sur site dans des filtres similaires dont les coûts sont inclus dans les comparaisons (ainsi que les coûts de recirculation de l'eau pour les chasses et l'arrosage). Système testé par une centaine de personnes pendant 4 ans.	Trois immeubles de 65 logements reliés aux égouts et dont quelques uns sont également équipés de mini lombricomposteurs in-situ (fèces et papier, sans urine) et d'autres de cuvettes à séparation avec transformation des urines en engrais. Le système présenté à titre comparatif est une fusion des deux systèmes, dont les coûts sont évalués en moyennes par habitante. Système testé par une vingtaine de personnes pendant 3 à 4 ans.

Principaux avantages et inconvénients

Principaux avantages			
Tout-à-l'égout	Cressy	Soubeyran	Vergers
Confort d'utilisation. Facilite les traitements technologiques, par exemple pour les micropolluants.	Simplicité. Confort olfactif. Confort d'utilisation. Récupération facile de lixiviat et du compost pour fertiliser le jardin. Pas de rejets polluants dans les cours d'eau.	Pas de grands changements pour l'utilisateur par rapport au tout-à-l'égout. Peu d'entretien. Peu d'eau. Qualité du traitement (abattement en polluants et pathogènes).	Très peu d'eau. Production de compost et d'engrais. Adaptable aux immeubles existants. Faibles coûts d'exploitation.
Principaux inconvénients (hormis les coûts) et uniquement pour les problèmes non résolus à ce jour			
Tout-à-l'égout	Cressy	Soubeyran	Vergers
L'utilisateur est déconnecté de la nature – il est « hors sol ». Pollution des cours d'eau. Perte des éléments nutritifs pour les plantes (non-valorisation agricole). Consommation importante de ressources (eau et énergie). Nécessite des infrastructures conséquentes et onéreuses pour la collectivité, à la construction comme à l'entretien.	Adapté uniquement aux immeubles de faible hauteur. Espace nécessaire à la cave. Entretien et suivi nécessaire sur une base hebdomadaire. Vidange une fois par an. Manque d'informations par rapport à la présence de pathogènes et micropolluants dans le compost.	Il faut bien choisir les cuvettes à séparation. Emprise sur le terrain importante (ou éventuellement sous l'immeuble). Peu adapté pour récupérer compost ou engrais potentiel. Manque d'informations sur la qualité du compost et la dégradation des micropolluants.	Cuvettes à séparation actuellement peu ergonomiques. Manutention importante. Changement d'habitudes. Nécessite un local pour le traitement des urines. Manque d'informations par rapport à la présence de pathogènes et micropolluants dans le compost et l'engrais.

Coûts à l'investissement pour la construction de nos bâtiments (par rapport aux mêmes bâtiments s'ils étaient équipés du tout-à-l'égout)

Afin de comparer les coûts entre les systèmes, nous n'avons pas tenu compte des frais de recherche, ni des subventions et nous avons fait plusieurs hypothèses qui sont décrites ci-dessous.

	Bâtiment standard (traitement externalisé)	Cressy (traitement des urines, fèces et eaux grises)	Soubeyran (traitement des urines, fèces et eaux grises)	Vergers (traitement des urines et fèces mais pas des eaux grises)
Raccordement aux eaux usées ^a (CHF/hab.)	900.00	34.00	150.00	900.00
Surcoûts pour la construction de l'assainissement écologiques ^b (CHF/hab.)	0.00	2500.00	3500.00	3300.00
Coûts pour la collectivité ^c (CHF/hab.)	9100.00	0.00	0.00	9100.00
Grand total (CHF/hab.)	10 000.00	2 534.00	3 650.00	13 300.00

a Pour le bâtiment standard, nous avons estimé le coût de raccordement du bâtiment de Cressy aux eaux usées (raccordement physique à l'égout devisé à CHF 7'000.- + taxe de raccordement initial de CHF 33'400.-, eaux de pluie incluses). Cela nous donne ce montant de CHF 900.-/hab. que nous avons utilisé à titre comparatif entre les projets. En réalité ce montant va varier d'un bâtiment à l'autre en fonction du nombre d'habitantes, de la surface habitée, de la distance aux canalisations et du contexte local.

Pour Cressy et Soubeyran, nous avons bénéficié d'une importante réduction sur la taxe de raccordement et n'avons pas compté le raccordement physique. Pour les Vergers, nous avons les deux systèmes en parallèle (standard et écologique), car seuls quelques appartements sont équipés d'un assainissement écologique, ce qui explique les coûts plus élevés. À noter que les montants proposés ici pour les Vergers sont une estimation pour un système qui combine le cacarrousel avec le traitement des urines.

b Nous parlons ici de surcoûts à la construction en comparaison avec un bâtiment équipé d'un système standard.

c Nous utilisons deux sources pour le coût qu'il faudrait payer par personne s'il fallait reconstruire notre système de tout-à-l'égout en Suisse: i) la synthèse thématique 3 du Programme national de recherche PNR 61 *Gestion durable de l'eau* et ii) une étude de l'OFEV de 2018: *Traitement des eaux usées communales*. À des fins de comparaison avec nos projets, nous avons supposé que sur les CHF 10'000.-/hab., CHF 900.- étaient payés par le maître d'ouvrage via la taxe de raccordement et le raccordement physique. Il reste donc CHF 9'100.- à la charge de la collectivité.

Coûts annualisés pour l'acheminement et l'assainissement de l'eau dans nos bâtiments par rapport à un bâtiment standard

	Bâtiment standard (traitement externalisé)	Cressy (traitement des urines, fèces et eaux grises)	Soubeyran (traitement des urines, fèces et eaux grises)	Vergers (traitement des urines et fèces mais pas des eaux grises)
Acheminement de l'eau du réseau ^a (CHF/hab•an)	146.00	54.75	54.75	54.75
Traitement de l'eau du réseau ^b (CHF/hab•an)	146.00	0.00	0.00	54.75
Amortissement et frais d'entretien à la charge du maître d'ouvrage ^c (CHF/hab•an)	0.00	151.00	175.00	260.00
Coûts pour la collectivité ^d (CHF/hab•an)	54.00	0.00	0.00	20.25
Grand total (CHF/hab•an)	346.00	205.75	229.75	389.75

a Nous utilisons ici la consommation d'eau moyenne suisse de 160 l/hab•jour multipliée par la taxe moyenne de l'acheminement à Genève de CHF 2.50/m³. Dans nos bâtiments, la consommation d'eau moyenne est de 60 l/hab•jour, voire moins.

b Même raisonnement que pour le bâtiment standard, la taxe de traitement de l'eau étant équivalente à celle de l'acheminement. A Cressy et Soubeyran, les habitantes sont exonérées de cette taxe.

c Ces estimations sont reprises des chapitres précédents.

d Selon l'Association suisse des professionnels des métiers de l'eau (voir VSA KI (2011): *Coûts et prestations de l'assainissement*), le coût total annualisé du traitement de l'eau (avec amortissement des installations) est de CHF 200.-/hab•an en moyenne suisse. Pour le bâtiment standard, nous avons estimé la charge pour la collectivité de CHF 54.-/hab•an en déduisant de ces CHF 200.-/hab•an le montant moyen payé par habitante pour le traitement de l'eau. Pour les Vergers, nous avons appliqué le même montant réduit proportionnellement à la consommation d'eau (60 l/hab•j au lieu de 160 l/hab•j).

Conclusions

Nous avons fait le choix d'installer des toilettes à compost dans tous les appartements de notre premier immeuble en 2011. Ce choix a été possible et compris des habitantes sûrement parce que nous sommes une coopérative d'habitation participative soucieuse de réduire son impact écologique.

Ce premier succès nous a poussé à développer, tester et améliorer d'autres systèmes dans plusieurs projets. Ces systèmes alternatifs permettent de reconnecter les utilisateurs avec le cycle naturel des éléments, sur le plan littéral comme au figuré. Or, se reconnecter avec les cycles naturels, c'est reconnaître que nous faisons partie de la nature et dès ce moment, nous pourrions dire « nous ne

défendons pas la nature. Nous sommes la nature qui se défend »¹.

En outre, les systèmes décentralisés présentés ici ont pour vocation d'avoir un impact régénérateur pour les sols, les plantes et la vie en général. Ils permettent d'économiser l'eau et l'énergie, ont besoin de peu d'entretien et produisent potentiellement de l'engrais pour l'agriculture. Ils sont beaucoup moins coûteux que le système du tout-à-l'égout.

Au niveau des inconvénients, il faut mentionner un certain temps d'adaptation, voire un changement d'habitudes, ce qui n'est jamais facile. En ce qui concerne la dégradation de produits chimiques tels que les médicaments, elle doit encore être étudiée afin

d'évaluer la performance de ces systèmes. Ceci dit nous sommes convaincus que l'écobilan sera largement positif par rapport à celui du tout-à-l'égout.

Comme le disait déjà Victor Hugo en 1862: « Tout l'engrais humain et animal que le monde perd, rendu à la terre au lieu d'être jeté à l'eau, suffirait à nourrir le monde ». Aujourd'hui, cette citation est plus que jamais d'actualité. Elle devrait tous nous inciter à repenser nos systèmes d'assainissement.

De notre côté, nous souhaitons ardemment continuer dans cette démarche et nous espérons que ces quelques pages vont aider d'autres maîtres d'ouvrage à nous rejoindre.

Remerciements

Nous voudrions remercier les pionnières et pionniers qui utilisent quotidiennement des toilettes à compost depuis des dizaines d'années et sans lesquels nous n'aurions jamais osé nous lancer dans une telle aventure. Citons en particulier Pierre Colombot de l'entreprise Sanisphère à Nyons dans la Drôme, Françoise et Olivier Guisan qui nous ont accueillis dans leur maison à la Tour-de-Peilz ainsi que Sylvia et Luc Thierry qui nous ont reçus à Chancy.

En raison de son caractère novateur et exemplaire, ce projet a été retenu comme « projet de référence dans le domaine du logement » et accompagné par l'Office fédéral du logement. Informations supplémentaires: www.bwo.admin.ch/projets-referance.

Nous tenons à remercier Doris Sfar et Jude Schindelholz de l'Office fédéral du logement pour leur soutien à notre démarche.

Nous remercions également le programme G'InnoVe de la Ville de Genève pour sa contribution au chapitre sur Soubeyran et l'intérêt montré pour notre démarche.

Nous tenons tout particulièrement à remercier Alain Wyss et son service de l'Office cantonal de l'eau qui nous a autorisé à expérimenter ces systèmes peu ordinaires dans le canton de Genève.

¹ Slogan utilisé par les défenseurs du site « Notre dame des Landes » qui représente bien notre philosophie.



Simone Kaspar de Pont, notre illustratrice, dans le jardin de Cressy avec des côtes de bettes nourries au «pitribon». Mai 2021.

Coopérative Équilibre

Promenade de l'Aubier 19
1217 Meyrin

info@cooperative-equilibre.ch
www.cooperative-equilibre.ch