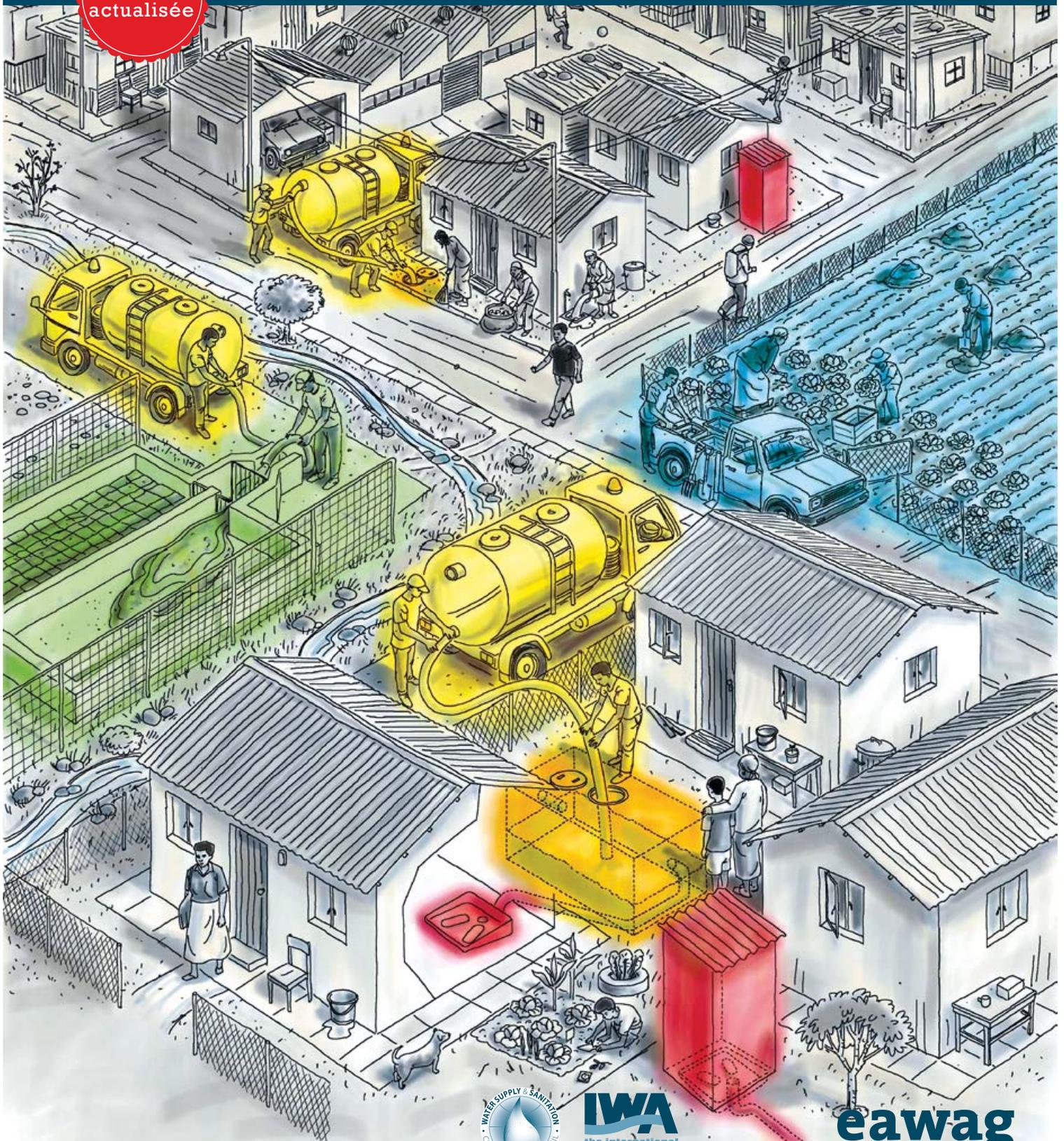


Compendium des systèmes et technologies d'assainissement

2^e
édition
actualisée



Compendium des systèmes et technologies d'assainissement

2^e édition actualisée

**Elizabeth Tilley, Lukas Ulrich, Christoph Lüthi,
Philippe Reymond, Roland Schertenleib et Christian Zurbrügg**

Nous remercions spécialement :
l'Alliance pour l'assainissement durable (SuSanA) et les groupes de spécialistes
de l'Association Internationale de l'Eau (International Water Association, IWA).

Nous remercions les personnes ci-après pour leurs contributions et commentaires :
Magalie Bassan, Chris Canaday, Pierre-Henri Dodane, Jan-Olof Drangert,
Andrin Fink, Roman Grüter, Heino Güllemann, Heike Hoffmann, Elisabeth Kvarnström,
Christian Riu Lohri, Antoine Morel, Peter Morgan, Eberhard Morgenroth,
Elisabeth von Münch, Sara Oppenheimer, Jonathan Parkinson, Eddy Perez, Annette Remmele,
Samuel Renggli, Christian Rieck, David Robbins, Anjali Sherpa, Mingma Sherpa,
Hansruedi Siegrist, Dorothee Spuhler, Linda Strande, Gabor Szanto, Kai Udert,
Björn Vinnerås, Carolien van der Voorden, Nancho Zimmermann.

Nous sommes reconnaissants du soutien de :
la Direction du développement et de la coopération (DDC) de la Confédération suisse et
le Conseil de Concertation pour l'Approvisionnement en Eau et l'Assainissement (WSSCC).

Adaptation française par

SIA 
Ingénierie-conseil
Solutions intégrées d'assainissement



Christian Zurbrügg
Eawag



Chris Williams
WSSCC



Jonathan Parkinson
IWA

L'assainissement, qui est sans conteste un élément essentiel du développement durable, influe sur la santé et le bien-être des populations du monde entier. L'Association Internationale de l'Eau (IWA), le Conseil de Concertation pour l'Approvisionnement en Eau et l'Assainissement (WSSCC) et Eawag ont fait d'importants efforts pour promouvoir un meilleur assainissement, en offrant une base de connaissances facilement accessible et des conseils sur les moyens susceptibles d'y parvenir. Par notre action commune dans le cadre de l'Initiative pour l'assainissement urbain, nous maintenons notre encouragement à l'innovation, en diffusant des informations sur la gamme complète des technologies d'assainissement et en renforçant les capacités des praticiens à utiliser ces informations.

Le premier Compendium produit par Eawag (Département Sandec) et le WSSCC en 2008 a largement contribué à progresser vers cet objectif. Il mettait à disposition les connaissances disponibles sur un large ensemble de technologies d'assainissement, sans parti pris ni programme d'action, et aidait à faire admettre qu'une « chaîne » d'assainissement pleinement opérationnelle doit relier les toilettes à une installation de traitement au moyen d'un système de collecte et d'acheminement fonctionnel. Ce document présentait également les options de récupération et de réutilisation, en tant qu'objectif nécessaire de la gestion durable des excréments.

Ces dernières années, le Compendium est devenu la compilation technique la plus appréciée dans le secteur de l'assainissement ; il a été largement salué par un vaste public, en tant qu'outil international de référence. Cette deuxième édition enrichie contient des informations actualisées et des données sur un plus grand nombre de technologies ; elle deviendra une ressource importante pour les parties prenantes dans le processus de planification décisionnel. La version électronique du Compendium (eCompendium) permet un meilleur accès aux informations en ligne, offre une plus grande flexibilité d'utilisation et rend les mises à jour plus aisées.

Nous sommes convaincus que nos actions collectives aideront à atteindre les objectifs de développement durable dans le domaine de l'assainissement, ainsi que ceux qui concernent la santé, l'eau et la durabilité environnementale.

Table des matières

Introduction	7
Contexte et public cible	7
Quelles sont les nouveautés de la deuxième édition ?	7
Structure et utilisation du Compendium	7
Outils de développement complémentaires pour le secteur de l'assainissement	8
Terminologie du Compendium	10
Systèmes d'assainissement	10
Produits	10
Groupes fonctionnels	12
Technologies d'assainissement	13
Partie 1. Systèmes types	15
Utiliser les systèmes types	16
Système 1 : Système avec fosse unique et production de boue	20
Système 2 : Système avec fosse sèche sans production de boue	22
Système 3 : Système avec chasse manuelle sans production de boue	24
Système 4 : Système sec avec séparation des urines	26
Système 5 : Système utilisant le biogaz	28
Système 6 : Système avec traitement des eaux noires et infiltration	30
Système 7 : Système avec traitement des eaux noires et transport de l'effluent	32
Système 8 : Système avec transport des eaux noires vers un traitement (semi-)centralisé	34
Système 9 : Système avec séparation des urines et réseau d'égout	36
Partie 2. Technologies des groupes fonctionnels	39
Lire les fiches d'information sur les technologies	40
Groupes fonctionnels U. Interface utilisateur	42
U.1 Toilettes sèches	44
U.2 Toilettes sèches à séparation des urines (UDDT)	46
U.3 Urinoir	48
U.4 Toilettes à chasse manuelle	50
U.5 Toilettes à chasse mécanique	52
U.6 Toilettes à chasse avec séparation des urines	54
Groupes fonctionnels S. Collecte et stockage/traitement	56
S.1 Réservoir de stockage des urines	58
S.2 Fosse unique	60
S.3 Fosse unique ventilée améliorée (VIP)	62
S.4 Double fosse ventilée améliorée (VIP)	64
S.5 Fossa Alterna	66

S.6 Double fosse pour toilettes à chasse manuelle	68
S.7 Chambres de déshydratation	70
S.8 Chambre de compostage	72
S.9 Fosse septique	74
S.10 Réacteur anaérobie compartimenté	76
S.11 Filtre anaérobie	78
S.12 Réacteur à biogaz	80
Groupe fonctionnel C. Transport	82
C.1 Jerrycan/réservoir	84
C.2 Vidange et transport manuels	86
C.3 Vidange et transport motorisés	88
C.4 Égout simplifié	90
C.5 Égout simplifié décanté	92
C.6 Égout conventionnel gravitaire	94
C.7 Station de transfert (réservoir enterré)	96
Groupe fonctionnel T. Traitement (semi-)centralisé	98
PRE Prétraitements	100
T.1 Décanteur	102
T.2 Décanteur-digesteur	104
T.3 Réacteur anaérobie compartimenté	106
T.4 Filtre anaérobie	108
T.5 Bassins de lagunage	110
T.6 Lagunage aéré	112
T.7 Marais artificiel à écoulement surfacique	114
T.8 Filtre planté horizontal	116
T.9 Filtre planté vertical	118
T.10 Lit bactérien	120
T.11 Biofiltration sur boues anaérobies	122
T.12 Boues activées	124
T.13 Bassins de sédimentation / épaissement	126
T.14 Lits de séchage non plantés	128
T.15 Lits de séchage plantés	130
T.16 Co-compostage	132
T.17 Réacteur à biogaz	134
POST Filtration tertiaire et désinfection	136
Groupe fonctionnel D. Valorisation et/ou mise en décharge	138
D.1 Déplacement de fosse / Arborloo	140
D.2 Application de l'urine stockée	142
D.3 Application de fèces déshydratées	144
D.4 Application des humus et composts	146
D.5 Épandage des boues	148
D.6 Irrigation	150
D.7 Puits d'infiltration	152
D.8 Lits d'infiltration	154

D.9 Bassin piscicole	156
D.10 Lagunage à macrophytes	158
D.11 Déversement au cours d'eau / recharge de nappe souterraine	160
D.12 Mise en décharge	162
D.13 Combustion du biogaz	164
Technologies d'assainissement émergentes	166
Glossaire	170

Contexte et public cible

Le Compendium des systèmes et technologies d'assainissement a été publié pour la première fois en 2008 lors de l'Année Internationale de l'Assainissement. Depuis lors, il a été traduit dans plusieurs langues et diffusé en version électronique par diverses organisations sectorielles. Le succès de ce document tient à sa brièveté : il structure et présente dans un document unique une importante quantité d'informations sur des technologies éprouvées et testées. Comme dans la première édition, nous n'examinons pas les technologies d'assainissement qui sont encore en voie de développement ou qui n'existent que sous forme de prototypes. Nous n'avons également inclus que des technologies « améliorées », offrant un assainissement sûr, hygiénique et accessible. Comme nous l'avons fait dans la première édition, nous abordons toute la gamme des technologies urbaines, périurbaines et rurales (des fosses simples aux égouts conventionnels).

Le Compendium est un document d'orientation à l'usage des ingénieurs et des urbanistes des pays à revenu faible et intermédiaire, dont le but premier est d'être utilisé lors des processus de planification participative impliquant les populations locales. Il est également destiné aux personnes/experts possédant une connaissance détaillée des technologies conventionnelles haut de gamme et désirant obtenir des informations sur les infrastructures et différentes configurations de systèmes. Mais il n'entend pas tenir lieu de document unique pour les ingénieurs prenant des décisions pour les populations, par exemple dans le cadre d'une planification pilotée par des experts.

Quelles sont les nouveautés de la seconde édition ?

La deuxième édition révisée offre un contenu enrichi, notamment :

1. Une aide simplifiée pour l'utilisateur ;
2. Des descriptions technologiques revues, comportant des références actualisées et de meilleures illustrations, fondées sur des études réalisées par des experts renommés du secteur, et tenant compte des principales évolutions sectorielles au cours des six dernières années ;
3. Une présentation plus élaborée des produits initiaux et finaux, clarifiant la compatibilité entre les technologies et rationalisant la configuration des systèmes ;
4. Cinq nouvelles fiches d'information technologique et un chapitre sur les technologies émergentes ;
5. Un système d'assainissement supplémentaire dans le chapitre « Système 5 : système utilisant le biogaz ».

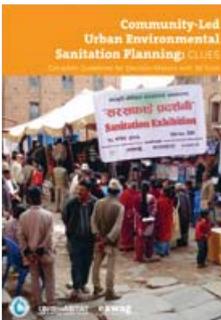
Structure et utilisation du Compendium

Comme la première édition, le Compendium est divisé en deux parties : 1) les systèmes types et une description de leur utilisation ; et 2) les fiches d'information technologique.

Nous recommandons au lecteur de passer d'abord en revue les chapitres « Terminologie du Compendium » (p. 10–13) et « Utiliser les systèmes types » (p. 16–19), pour se familiariser avec les termes clefs et la structure des systèmes types et de leurs composantes. Le lecteur peut ensuite se déplacer à travers les systèmes types et les fiches d'information technologique (ils comportent des renvois mutuels) jusqu'à ce qu'il ait repéré les systèmes et/ou technologies se prêtant à des recherches plus approfondies. Au final le lecteur devrait être capable de développer une ou plusieurs configurations de systèmes à présenter à la communauté de sa zone d'intervention. Conformément aux suggestions de la communauté, le Compendium pourra être utilisé pour réévaluer et reconcevoir les systèmes.

Le Compendium n'est que l'un des documents disponibles dans le domaine, pour faciliter une prise de décision en connaissance de cause de la part des différents acteurs impliqués dans l'amélioration des services d'assainissement de l'environnement ; il doit être utilisé conjointement aux autres publications et outils existants. La double page suivante présente une vue d'ensemble d'outils complémentaires pour le développement du secteur de l'assainissement.

Au cours des dernières années, un certain nombre de documents ont été publiés ; ils complètent le présent ouvrage et s'ajoutent au nombre croissant de matériels de référence et de guides pratiques sur les technologies durables. Certains d'entre eux sont présentés ci-dessous.

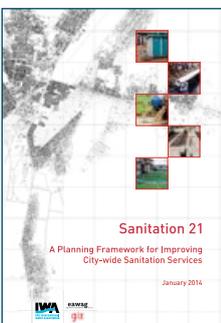


Community-Led Urban Environmental Sanitation: CLUES

(Approche communautaire de planification de l'assainissement urbain - Guide complet à l'intention des décideurs, y inclus 30 outils)

CLUES présente un ensemble complet de recommandations sur la planification de l'assainissement dans les zones urbaines à faible revenu. Il constitue le cadre de planification le plus actualisé pour faciliter les services d'assainissement environnemental auprès des populations urbaines et périurbaines. CLUES comporte sept étapes faciles à suivre, qui doivent être entreprises dans l'ordre. L'étape 5 de la méthode de planification repose sur le Compendium et applique l'approche des systèmes pour choisir la ou les option(s) technologique(s) la ou les plus appropriée(s) à un contexte urbain donné. Le document donne également des conseils sur les moyens susceptibles de développer un environnement favorable à la planification de l'assainissement dans les contextes urbains.

Par C. Lüthi, A. Morel, E. Tilley et L. Ulrich (2011). Eawag (Sandec), WSSCC, UN-HABITAT. Document PDF en téléchargement libre à www.sandec.ch/clues.

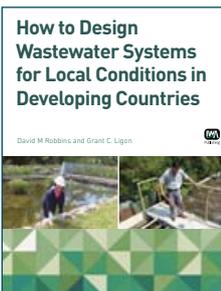


Sanitation 21 (Assainissement 21)

Un cadre de planification pour améliorer les services d'assainissement à l'échelle de la ville Sanitation 21 (Assainissement 21) présente un cadre de planification internationalement reconnu et fondé sur les principes essentiels de planification de l'assainissement. Appuyé sur l'expérience et les meilleures pratiques, le document rassemble les décisions en matière de technologie et les options de gestion d'une part, les besoins et préférences des acteurs d'autre part, pour contribuer au choix des systèmes d'assainissement appropriés. Il est rédigé dans un langage non technique afin d'être adapté aux responsables politiques et aux praticiens souhaitant fournir des services d'assainissement appropriés à un coût abordable ; il recommande des activités pour guider l'élaboration d'un plan d'assainissement pour la ville. La version révisée du cadre Sanitation 21 s'appuie sur l'accroissement des connaissances et de l'expérience en planification à l'échelle de la ville.

Par J. Parkinson, C. Lüthi et D. Walther (2014). IWA, GLZ, Eawag (Sandec).

Document PDF en téléchargement libre à www.iwahq.org et www.sandec.ch



How to Design Wastewater Systems for Local Conditions in Developing Countries

(Comment concevoir des systèmes d'assainissement adaptés aux conditions locales dans les pays en développement)

Ce manuel conseille sur la conception de systèmes d'assainissement dans le contexte des pays en développement. Il recommande une méthode de choix de la technologie adaptée au contexte, en guidant l'utilisateur parmi les technologies convenant le mieux à son contexte. Il contient des outils et des guides pratiques pour la caractérisation et l'évaluation des sites, de même que sur l'identification et le choix des technologies. Ce manuel s'adresse principalement aux prestataires de services des secteurs public et privé, aux organismes de contrôle et aux ingénieurs/spécialistes du développement en charge de la mise en œuvre des réseaux d'assainissement.

Par D. M. Robbins et G.C. Ligon (2014). IWA Publishing.



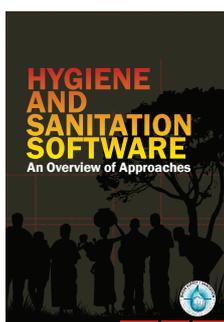
Faecal Sludge Management (Gestion des boues de vidange)

Approche intégrée pour la mise en œuvre et l'exploitation

Il s'agit du premier ouvrage faisant le point sur l'état actuel de la connaissance sur la gestion des boues de vidange. Il traite de l'organisation de toute la chaîne de services dans ce domaine, depuis la collecte et le transport des boues jusqu'aux options de traitement telles qu'on les connaît actuellement, et l'utilisation finale ou le stockage des boues traitées. L'ouvrage présente une méthode intégrée rassemblant les aspects technologie, gestion et planification, fondée sur les vingt années d'expérience de Sandec dans ce domaine. Il décrit également les facteurs importants devant être examinés lors de l'évaluation et de la mise à niveau des nouvelles technologies de traitement. L'ouvrage est conçu pour les étudiants de tous niveaux universitaires, les ingénieurs et les praticiens du domaine ayant des connaissances de base de l'ingénierie environnementale ou de l'assainissement.

Par L. Strande, M. Ronteltap et D. Brdjanovic (Eds.) (2014). IWA Publishing.

Document PDF en téléchargement libre à www.sandec.ch/fsm_book.



Hygiene and Sanitation Software – An Overview of Approaches

(Programmes d'hygiène et d'assainissement - Aperçu des méthodes)

En matière de programmes et de services d'assainissement et d'hygiène, plusieurs méthodes sont utilisées pour engager des groupes cibles dans des programmes de développement, afin de susciter un changement comportemental et/ou de créer une demande de services. Ces méthodes ou approches sont généralement désignées par le terme « approches « soft » », afin de les distinguer de la fourniture des matériels. Cette publication examine de manière approfondie les diverses approches « soft » de l'hygiène et de l'assainissement ayant été déployées au cours des 40 dernières années dans tous les types d'environnements -urbain, urbain informel et rural -, et aborde des questions telles que les objectifs poursuivis par des approches spécifiques, ce que ces dernières comprennent réellement, où et quand les utiliser, comment les mettre en œuvre, quel est leur coût, etc. Cette publication a été conçue comme accompagnement du Compendium.

Par A. Peal, B. Evans et C. van der Voorden (2010). WSSCC.

Document PDF en téléchargement libre à www.wsscc.org.

Ressources supplémentaires en ligne



Les outils en ligne ci-dessous contiennent des conseils utiles et des ressources pouvant être téléchargées pour compléter les documents énumérés ci-dessus.

eCompendium

La version électronique du Compendium constitue une ressource électronique complète, structurée autour des différents systèmes d'assainissement et des 57 technologies décrites. Elle permet une actualisation plus aisée et offre une flexibilité d'utilisation pour les divers groupes d'utilisateurs. En outre, elle fait partie intégrante de la boîte à outils SSWM (Gestion de l'eau et assainissement durables).

Accessible à l'adresse <http://ecompendium.sswm.info/>

Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox

(Boîte à outils sur la gestion durable de l'eau et de l'assainissement)

La boîte à outils SSWM (gestion de l'eau et assainissement durables) contient le groupe le plus complet d'outils et de méthodes disponibles sur la gestion de l'eau et l'assainissement durables. Elle comprend des outils et des programmes de planification et les relie à des publications, des articles, des liens hypertextes, des études de cas et du matériel de formation.

Téléchargeable à l'adresse www.sswm.info.

Systèmes d'assainissement

Le Compendium définit l'assainissement comme un processus à multiples étapes, par lequel sont gérés les excréments humains et les eaux usées, depuis le point de production jusqu'au point d'utilisation ou d'évacuation finale. Un **système d'assainissement** est constitué d'une série de technologies et de services, spécifiques au contexte, permettant la gestion de ces déchets (ou de ces ressources), c'est-à-dire leur collecte, leur confinement, leur transport, leur transformation, leur valorisation ou leur stockage final. Un système d'assainissement comprend des **produits** (déchets), qui cheminent à travers des **groupes fonctionnels** contenant des technologies pouvant être choisies selon le contexte. **En choisissant une technologie pour chaque produit dans chaque groupe fonctionnel applicable, il est possible de concevoir un système d'assainissement logique.** Un système d'assainissement inclut également la gestion, l'exploitation et la maintenance nécessaires pour assurer qu'il fonctionne de façon sûre et durable.

Un **modèle de système** définit une suite de combinaisons technologiques compatibles, à partir desquelles un système peut être conçu. La Partie 1 du Compendium décrit neuf systèmes types d'assainissement différents. On trouvera dans le chapitre « Utiliser les systèmes types » (p.16-17) une explication détaillée du fonctionnement de ces modèles et comment les utiliser.

Produits

Les produits sont des substances également appelées « déchets » ou « ressources ». Certains produits sont générés directement par les humains (par exemple, l'urine et les excréments), d'autres sont nécessaires à la mise en œuvre des technologies (par exemple, eau actionnée par une chasse d'eau pour évacuer les excréments vers les égouts) et d'autres encore sont générés dans le cadre d'une fonction de stockage ou de traitement (par exemple, les boues).

Pour concevoir un système d'assainissement robuste, il est nécessaire de définir tous les produits qui sont introduits (produits entrants) et rejetés (produits sortants) par chacune des technologies d'assainissement utilisées dans le système. Les produits cités dans ce texte sont décrits ci-dessous.

Le **biogaz** est le nom commun du mélange de gaz dégagé par la digestion anaérobie. Il est composé de méthane (de 50 % à 75 %), de dioxyde de carbone (de 25 % à 50 %) et de quantités variables d'azote, de sulfure d'hydrogène, de vapeur d'eau et d'autres composants. Le biogaz peut être collecté et servir de combustible (tel que le propane).

La **biomasse** fait référence aux plantes cultivées ou aux animaux élevés grâce à l'eau et/ou aux nutriments transitant par un système d'assainissement. Le terme de biomasse peut comprendre des poissons, insectes, légumes, fruits, du fourrage ou d'autres cultures bénéfiques pouvant être utilisées pour l'alimentation (humaine ou animale), les fibres et la production de combustibles.

Les **boues** sont un mélange de solides et de liquides, contenant principalement des excréments et de l'eau, combinés à du sable, des gravillons, des métaux, des débris et/ou divers composés chimiques. On peut distinguer les boues de vidange des boues d'épuration. Les boues de vidange sont produites par des technologies d'assainissement à la parcelle, c'est-à-dire qu'elles n'ont pas été transportées par les égouts. Elles peuvent être brutes ou partiellement digérées, sous forme de pâte ou semi-solides, et provenir de la collecte et du stockage/traitement des excréments ou des eaux noires, avec ou sans eaux grises. Pour une caractérisation plus détaillée des boues de vidange, veuillez consulter le livre « Gestion des Boues de Vidange » (cf. Outils de développement sectoriel, p. 9). Les boues d'épuration sont des boues provenant des processus de collecte des eaux usées dans les égouts et de traitement (semi-) centralisé. La composition des boues va déterminer le type de traitement requis et les possibilités d'utilisation finale.

Les **composés organiques** renvoient aux végétaux biodégradables (les déchets organiques), qui doivent être ajoutés dans certains processus technologiques pour que ceux-ci fonctionnent correctement (par exemple, dans le cas des fosses de compostage, S.8). Les matières organiques dégradables peuvent inclure sans s'y limiter, des feuilles, de l'herbe et des déchets provenant des marchés. Bien que d'autres produits cités dans ce Compendium contiennent des matières organiques, le terme « composés organiques » renvoie à des végétaux non digérés.

Le **compost** est une matière organique décomposée résultant d'un processus contrôlé de fermentation aérobie. Au cours de ce processus biologique, les micro-organismes (principalement des bactéries et des champignons) décomposent les déchets biodégradables et produisent un matériau brun/noir inodore, qui ressemble à de la terre. Le compost a d'excellentes propriétés d'amendement des sols et une teneur variable en éléments nutritifs. Certains des nutriments peuvent être perdus à cause du lessivage et de la volatilisation, mais ce matériau reste riche en nutriments et en matières

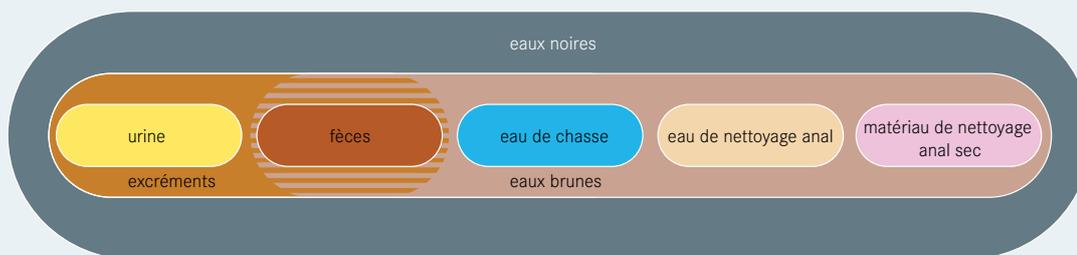


Figure 1. Définition des excréments, des eaux brunes et des eaux noires

organiques. En général, les excréments ou les boues doivent être compostés pendant une période suffisamment longue (de 2 à 4 mois), dans un environnement thermophile (de 55°C à 60°C), afin d'être suffisamment assainis pour pouvoir être utilisés dans l'agriculture de façon sécurisée. Cette température n'est pas garantie dans la plupart des fosses de compostage (S8), mais une réduction importante des agents pathogènes peut généralement être obtenue.

L'eau de chasse est l'eau déversée dans les toilettes ou la partie utilisée par l'utilisateur, pour transporter son contenu et/ou les nettoyer. L'eau douce, l'eau de pluie, les eaux grises recyclées ou toute combinaison de ces trois types d'eau peuvent être utilisées comme eau de chasse.

L'eau de nettoyage anal est l'eau utilisée par l'être humain pour se nettoyer après avoir déféqué et/ou uriné ; elle est générée par ceux qui utilisent de l'eau plutôt qu'un matériau sec pour le nettoyage anal. Le volume d'eau utilisée pour chaque nettoyage est généralement compris entre 0,5 L et 3 L.

Les eaux brunes sont un mélange de fèces et d'eau de chasse, et ne contiennent pas d'urine. Elles sont générées par les toilettes à chasse avec séparation des urines (U.6) ; par conséquent, leur volume dépend du volume d'eau de chasse utilisé. Les agents pathogènes et la charge en éléments nutritifs des fèces ne sont pas réduits, mais seulement dilués dans l'eau de chasse. Les eaux brunes peuvent aussi comprendre de l'eau de nettoyage anal (si l'eau est utilisée pour ce type de nettoyage) et/ou des matériaux de nettoyage sec (cf. Figure 1).

Les eaux grises sont le volume total d'eau provenant du lavage des aliments, des vêtements et de la vaisselle, de même que des baignoires et lavabos, mais pas des toilettes. Elles peuvent contenir des traces d'excréments (provenant par exemple du lavage des couches pour bébés), et donc également des agents pathogènes. Les eaux grises représentent environ 65 % des eaux usées produites dans les foyers, avec les toilettes à chasse.

Les eaux noires sont un mélange d'urine, de fèces et d'eau de chasse, plus de l'eau de nettoyage anal (si l'eau est utilisée pour ce type de nettoyage) et/ou des matériaux de nettoyage sec (cf. Figure 1). Les eaux noires contiennent les agents pathogènes des fèces et les nutriments de l'urine, qui sont dilués dans l'eau de chasse.

Les eaux pluviales sont le terme générique employé pour le ruissellement pluvial collecté des toits, routes et autres surfaces avant qu'il ne se dirige vers les zones basses. Il s'agit de la partie du ruissellement pluvial qui ne s'infiltré pas dans le sol.

Effluent est le terme général employé pour un liquide sortant d'un traitement technologique, habituellement après que les eaux noires ou les boues aient subi une séparation des solides ou un autre type de traitement. Les effluents proviennent soit d'un processus de collecte et stockage, ou d'une technologie de traitement (semi-)centralisé. En fonction du type de traitement, l'effluent peut être complètement assaini, ou nécessiter un autre traitement avant d'être utilisé ou évacué.

Les excréments sont composés d'urine et de fèces non mélangées à de l'eau de chasse. Leur volume est peu important, mais ils sont concentrés en nutriments et en agents pathogènes. Selon la qualité des fèces, leur consistance est molle ou liquide.

Les fèces séchées sont des fèces qui ont été déshydratées jusqu'à devenir un matériau sec et friable. La déshydratation est effectuée en stockant les fèces dans un environnement sec et bien ventilé, à température élevée et/ou en présence de matériel absorbant. Pendant la déshydratation, la dégradation est très faible, ce qui signifie que les fèces séchées sont encore riches en matières organiques. Leur volume est réduit d'environ 75 % pendant la déshydratation, et la plupart des agents pathogènes meurent. Il existe un faible risque que certains organismes pathogènes soient réactivés dans des conditions favorables, en particulier dans des environnements humides.

Les fèces sont des excréments (semi-solides) non mélangés à de l'urine ou de l'eau. Selon son régime alimentaire, une personne produit environ 50 L de fèces par an. Elles contiennent environ 80 % d'eau. Sur le total des nutriments que les fèces contiennent, on trouve 12 % d'azote, 39 % de phosphore et 26 % de potassium ; 100 ml de fèces contiennent également 107 à 109 coliformes fécaux.

L'humus est le terme utilisé pour décrire la matière humique riche en nutriments et plus hygiénique, qui est produite par les processus technologiques impliquant une double fosse (S.4–S.6), au moyen de la déshydratation et de la dégradation. Ce produit qui ressemble à de la terre a

été nommé ainsi par Peter Morgan au Zimbabwe. Les processus variés de décomposition naturelle qui s'effectuent dans des fosses alternées peuvent être de nature aérobie et anaérobie, selon la technologie employée et les conditions de fonctionnement. La principale différence avec le compost est que les processus de dégradation sont passifs et ne sont pas soumis à l'apport contrôlé d'oxygène, au ratio carbone sur azote, à l'humidité et à la température. C'est pourquoi le taux de réduction des agents pathogènes est généralement plus lent, et la qualité du produit, notamment sa teneur en nutriments et en matières organiques, peut varier considérablement. L'humus peut ressembler beaucoup au compost et avoir de bonnes propriétés d'amendement des sols, bien qu'il puisse encore contenir des agents pathogènes.

Les **matériaux de nettoyage sec** sont des matériaux solides utilisés par l'être humain pour se nettoyer après avoir déféqué et/ou uriné (par exemple, du papier, des feuilles, des épis de maïs, des chiffons ou des pierres). Selon le système, les matériaux de nettoyage sec peuvent être collectés et évacués séparément. Ce Compendium n'utilise pas de nom de produit distinct pour les produits d'hygiène menstruelle, tels que les serviettes hygiéniques et les tampons, bien que ceux-ci soient extrêmement importants. De manière générale (mais pas toujours), ils doivent être traités avec les déchets solides produits dans le foyer.

Les **produits de prétraitement** sont des matériaux séparés des eaux noires, brunes et grises ou des boues dans les unités de prétraitement, telles que les écrans, les dégraisseurs ou les dessableurs (cf. PRE, p. 100). Les substances telles que les graisses, l'huile et divers solides (par exemple, le sable, les fibres et les détritiques) peuvent affaiblir l'efficacité du transport et/ou du traitement et provoquer des problèmes comme le colmatage et l'usure. C'est pourquoi il est crucial pour la pérennité du système d'assainissement de retirer préalablement ces substances.

L'**urine** est le liquide que produit le corps pour se débarrasser de l'urée et des autres déchets. Dans ce contexte, le produit « urine » renvoie à l'urine pure, qui n'est pas mélangée à des fèces ou à de l'eau. Selon le régime alimentaire d'une personne, l'urine humaine collectée au cours d'une année (de 300 L à 550 L approximativement) contient de 2 kg à 4 kg d'azote. À l'exception de quelques rares cas, l'urine est stérile lorsqu'elle quitte le corps.

L'**urine stockée** est de l'urine qui a été hydrolysée naturellement au fil du temps, c'est-à-dire que l'urée a été convertie par des enzymes en ammoniacale et en bicarbonate. L'urine stockée a un pH d'environ 9. À ce pH, la plupart des agents pathogènes ne peuvent survivre. Après 6 mois de stockage, le risque de transmission de ces agents est considérablement réduit.

Groupes fonctionnels

Un groupe fonctionnel est un groupe de technologies ayant des fonctions similaires. Il existe cinq groupes fonctionnels différents, à partir desquels les technologies peuvent être choisies pour construire un système.

Ces cinq groupes sont :

U Interface utilisateur (technologies U.1–U.6) : en rouge

S Collecte et stockage/traitement (technologies S.1–S.12) : en orange

C Transport (technologies C.1–C.7) : en jaune

T Traitement (semi-)centralisé (technologies PRE, T.1–T.17, POST) : en vert

D Valorisation et/ou mise en décharge (technologies D.1–D.13) : en bleu

Chaque groupe fonctionnel a une couleur distincte ; et à l'intérieur d'un groupe fonctionnel donné, les technologies partagent le même code couleur pour être facilement identifiables. Chaque technologie d'un groupe fonctionnel se voit affecter un code de référence composé d'une lettre et d'un chiffre ; la lettre correspond à son groupe fonctionnel (par exemple, U pour « interface utilisateur », et le chiffre, du plus petit au plus grand, indique approximativement son niveau d'exigence en termes de ressources par rapport aux autres technologies du même groupe.

L'**interface utilisateur (U)** décrit le type de toilettes (sur dalle, siège ou urinoir) avec lequel l'utilisateur est en contact ; c'est par lui que l'utilisateur accède au système d'assainissement. Dans de nombreux cas, le choix de l'interface dépend de la disponibilité de l'eau. Notons que les eaux grises et les eaux pluviales ne proviennent pas de l'interface utilisateur, mais qu'elles peuvent être traitées avec les produits qui en viennent.

S **La collecte et le stockage/traitement (S)** décrivent les modes de collecte, stockage et parfois, traitement des produits générés au niveau de l'interface utilisateur. Le traitement fourni par ces technologies est souvent une fonction de stockage, habituellement passive (c'est-à-dire qu'elle ne requiert pas d'apport d'énergie). Par conséquent, les produits qui sont « traités » par ces technologies nécessitent souvent un traitement ultérieur, avant qu'ils ne soient utilisés et/ou évacués.

C **Le transport (C)** décrit le transport des produits d'un groupe fonctionnel à un autre. Bien que les produits doivent être transférés de diverses façons entre les groupes fonctionnels, la distance la plus longue et la plus importante se situe entre l'interface utilisateur ou la collecte et le stockage/le traitement, et le traitement (semi-)centralisé. C'est pourquoi, pour des motifs de simplicité, le transport ne décrit que les technologies utilisées pour transporter les produits entre ces groupes fonctionnels.

T **Le traitement (semi-)centralisé** renvoie à des technologies de traitement qui sont généralement adaptées à de grands groupes d'utilisateurs (par exemple, du quartier à la ville). Les besoins liés au fonctionnement, à la maintenance et à l'énergie des technologies se trouvant dans ce groupe fonctionnel sont généralement supérieurs à ceux des technologies d'envergure inférieure, au niveau S. Les technologies de ce groupe sont divisées en deux ; T.1-T.12 concernent essentiellement le traitement des eaux noires, brunes, grises ou des effluents, tandis que T.13-T.17 portent surtout sur le traitement des boues. Les technologies de prétraitement et de post-traitement sont également décrites (fiches d'information technologique PRE et POST).

D **La valorisation et/ou mise en décharge** renvoie aux méthodes par lesquelles les produits sont finalement rejetés dans l'environnement, comme ressources utiles ou matériaux à risques réduits. Ces produits peuvent en outre être réintégrés dans un système (par exemple en utilisant les eaux grises traitées dans une chasse).

Technologies d'assainissement

Les technologies sont définies comme étant l'infrastructure, les méthodes ou les services spécifiques conçus pour contenir et transformer les produits, ou les transporter à un autre groupe fonctionnel. Chacune des 57 technologies

abordées dans ce Compendium est décrite dans une **fiche d'information technologique**, dans la partie 2. Chaque groupe fonctionnel comprend de 6 à 17 technologies différentes.

Seules les technologies d'assainissement ayant été testées et ayant fait leurs preuves dans le contexte des pays à revenu faible et intermédiaire sont abordées. En outre, elles n'ont été incluses que si elles sont considérées comme « améliorées » du point de vue de la fourniture d'un assainissement sûr, hygiénique et accessible.

Dans chaque groupe fonctionnel, un grand nombre de technologies d'assainissement sont en cours de développement, ou n'existent que sous forme de prototype, ou ne sont pas pleinement abouties et disponibles. Le chapitre « Technologies d'assainissement émergentes » (p. 166–169) présente des exemples des développements les plus intéressants et les plus prometteurs, ayant un fort potentiel de mise en œuvre dans les pays à revenu faible et intermédiaire. Certaines de ces technologies pourront nous l'espérons, être incluses sous forme d'une fiche d'information technologique dans une future édition du Compendium.

Le Compendium traite principalement des systèmes et des technologies directement liés aux excréments et n'aborde pas spécifiquement la gestion des eaux grises, ni celle des eaux pluviales, bien qu'elles soient expliquées lorsque ces eaux peuvent être traitées avec les excréments. C'est la raison pour laquelle les technologies relatives aux eaux grises et aux eaux pluviales ne sont pas décrites en détail, mais sont tout de même indiquées en tant que produits dans les systèmes types. Pour un résumé complet des systèmes et technologies dédiés aux eaux grises, veuillez vous référer à la publication suivante :

— Morel, A. and Diener, S. (2006). *Greywater Management in Low- and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Suisse.
Téléchargement gratuit à l'adresse suivante : www.sandec.ch

Un modèle de système définit une suite de combinaisons technologiques compatibles, à partir desquelles un système peut être conçu. Le modèle de système peut être utilisé pour déterminer et montrer des systèmes complets, tenant compte de la gestion de tous les flux de produits entre l'interface utilisateur et la Valorisation/mise en décharge, et pour comparer les diverses options disponibles en fonction des contextes spécifiques.

La première partie du Compendium explique en détail comment les systèmes types doivent être lus et utilisés, et propose une présentation de ces derniers. Elle décrit les principaux facteurs à considérer et le type d'applications auxquelles chaque modèle est approprié.

Le Compendium présente neuf modèles différents, du plus simple (impliquant peu de choix technologiques et de produits) au plus complexe (impliquant de multiples choix technologiques et produits). Chaque modèle de système est unique en termes de nombre de produits générés et traités. Les neuf systèmes types sont :

- Système 1 : Système avec fosse unique et production de boue
- Système 2 : Système avec fosse sèche sans production de boue
- Système 3 : Système avec chasse manuelle sans production de boue
- Système 4 : Système sec avec séparation des urines
- Système 5 : Système utilisant le biogaz
- Système 6 : Système avec traitement des eaux noires et infiltration
- Système 7 : Système avec traitement des eaux noires et transport de l'effluent
- Système 8 : Système avec transport des eaux noires vers un traitement (semi-)centralisé
- Système 9 : Système avec séparation des urines et réseau d'égout

La faisabilité de ces systèmes a été prouvée sur le terrain. Chaque système possède ses propres avantages et inconvénients, et son propre champ d'application. Mais le Compendium n'est pas une liste exhaustive des technologies et systèmes associés. Dans des cas particuliers, des combinaisons technologiques autres que celles présentées dans ce document peuvent être applicables.

Bien que les systèmes types soient prédéfinis, l'utilisateur du Compendium doit choisir la technologie appropriée à partir des options présentées. Le choix dépend du contexte et doit être fondé sur des éléments locaux tels que l'environnement (température, précipitations, etc.), la culture (toilettes assises ou accroupies, nettoyage à l'eau ou essuyage) et les ressources (humaines, financières et matérielles).

Utiliser les systèmes types

Un système d'assainissement peut être représenté visuellement par une matrice de **groupes fonctionnels** (colonnes) et de **produits** (lignes), reliés ensemble lorsque de possibles combinaisons existent. Cette présentation graphique donne une vue d'ensemble des composantes technologiques d'un système et de tous les produits qu'il gère.

Les produits sont successivement collectés, stockés, transportés et transformés en passant par les différentes technologies compatibles des cinq groupes fonctionnels. Le résultat d'une technologie d'un groupe fonctionnel devient donc un intrant du groupe suivant.

Il n'est pas toujours nécessaire qu'un produit passe par une technologie de chacun des cinq groupes fonctionnels ; l'ordre des groupes fonctionnels doit cependant être respecté, quel que soit le nombre de groupes intégrés dans le système d'assainissement.

Les figures 2 et 3 expliquent la structure et les éléments d'un modèle de système.

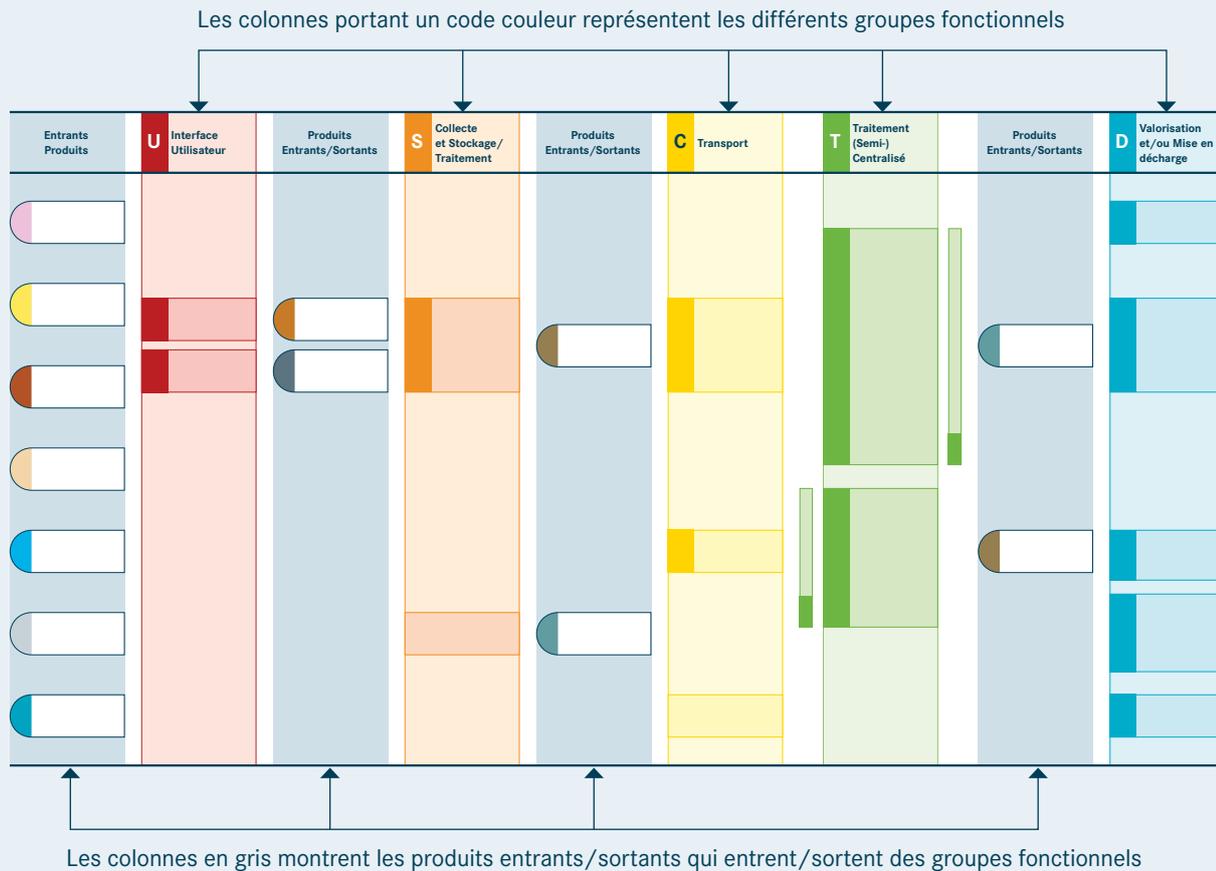
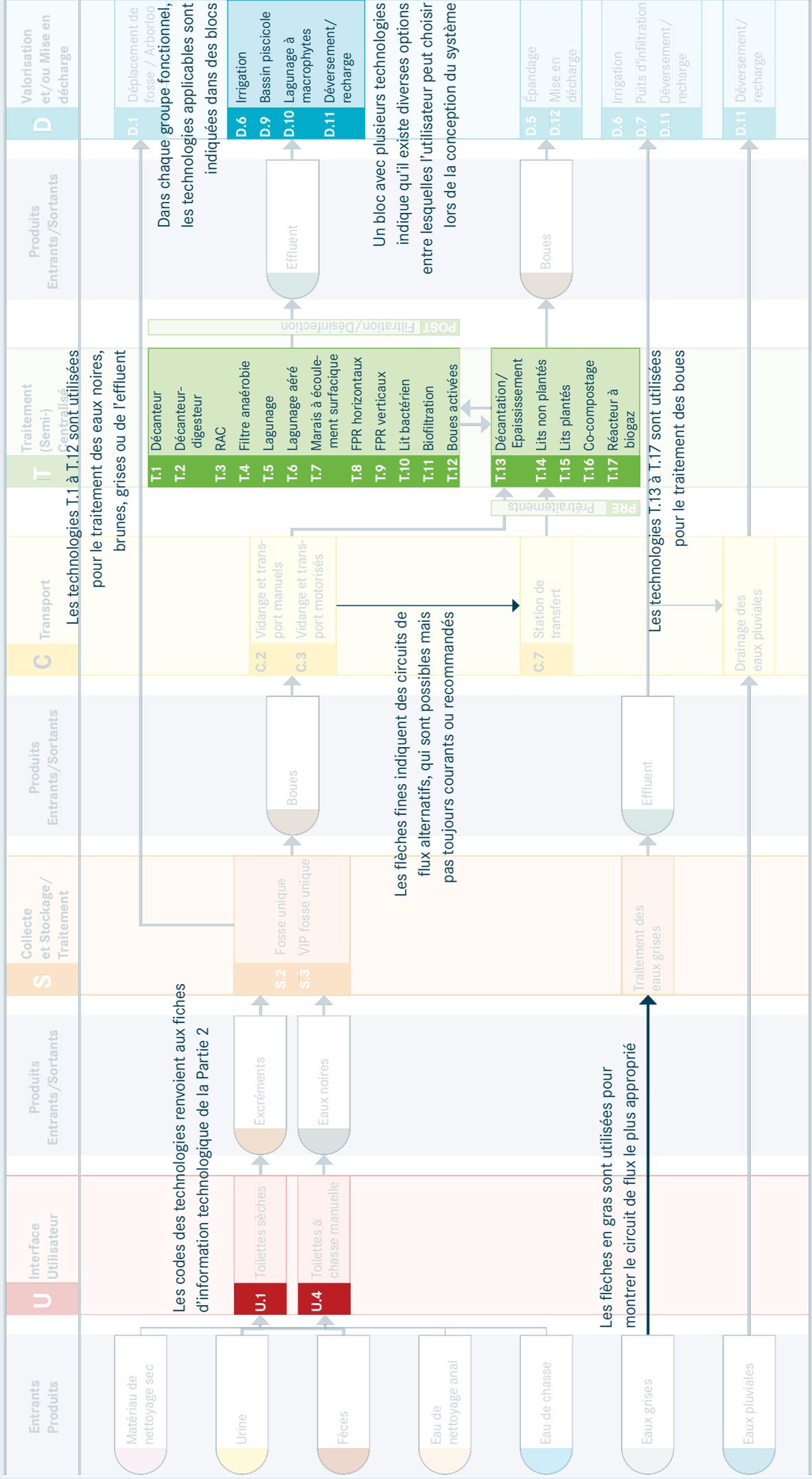


Figure 2. Explication des différentes colonnes d'un système type

Figure 3. Explication des différents éléments graphiques d'un système type



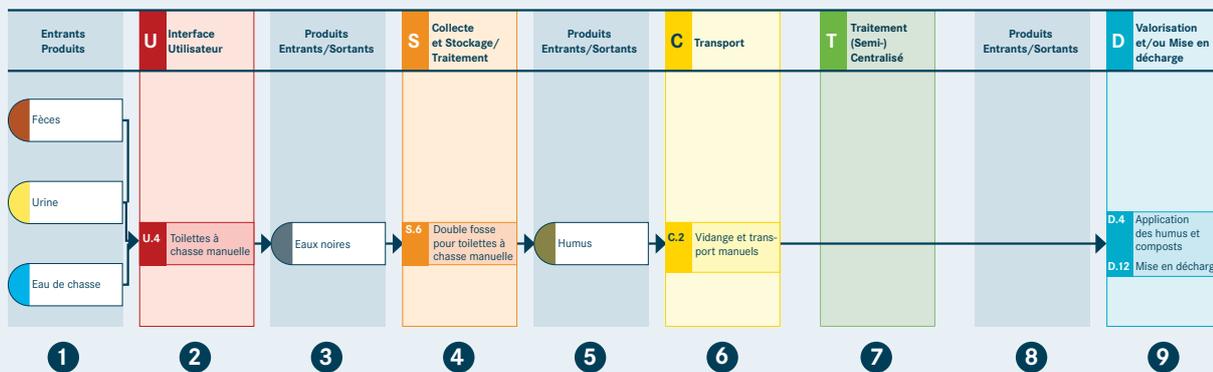


Figure 4. Exemple de la façon dont les produits entrent dans les groupes fonctionnels et sont transformés

La Figure 4 présente un exemple tiré d'un système type. Elle montre comment trois produits (des fèces, de l'urine et de l'eau de chasse) entrent dans un système est comment ils sont gérés par différentes technologies d'assainissement. Le texte suivant décrit la façon dont les produits se déplacent de la gauche vers la droite, à travers les colonnes 1 à 9 du système type .

1 Trois produits entrants (des fèces, de l'urine et de l'eau de chasse) entrent dans 2 le groupe fonctionnel U « Interface utilisateur » (toilette à chasse manuelle). Les eaux noires générées 3 entrent ensuite dans 4 le groupe fonctionnel S « Collecte et stockage/traitement » (double fosse

pour toilettes à chasse manuelle) et sont transformées en 5 humus par stockage et dégradation naturelle. L'humus entre dans 6 le groupe fonctionnel C « Transport » (vidange et transport par l'être humain) et passe 7 au groupe fonctionnel T « Traitement (semi-)centralisé » (car d'un point de vue hygiénique, il devrait être sain), sans autre 8 produit entrant/sortant. Il est directement transporté jusqu'au 9 groupe fonctionnel D final « Valorisation et/ou mise en décharge », où deux possibilités existent. Selon les conditions locales, les besoins et les préférences, l'humus peut être utilisé comme amendement de sol dans l'agriculture (application), ou transporté vers un site de stockage temporaire ou ultime (mise en décharge).

Étapes pour la sélection des options d'assainissement à l'aide des systèmes types

Les neuf systèmes types présentent les combinaisons de technologies les plus logiques. Mais les technologies et liens associés ne sont pas exhaustifs, et les urbanistes ne doivent donc pas perdre de vue une perspective d'ingénierie rationnelle lorsqu'ils tentent de trouver la meilleure solution possible en fonction d'un contexte spécifique. Les concepteurs doivent essayer de minimiser les redondances, d'optimiser l'infrastructure existante et d'utiliser les ressources locales, tout en tenant compte de l'environnement local favorable (en particulier, les facteurs tels que les compétences et les capacités, l'acceptation socioculturelle, les ressources financières et les obligations juridiques).

Pour présélectionner les possibles options d'assainissement, il est possible de suivre la procédure suivante :

1. Identifier les produits générés et/ou disponibles localement (exemple : eau de nettoyage anal, eau de chasse, composés organiques pour le compost)
2. Identifier les systèmes types qui traitent les produits définis
3. Pour chaque modèle, choisir une technologie à partir de chaque groupe fonctionnel présentant un choix de technologies (encadré avec technologies multiples) ; la série de technologies choisies constituent le système
4. Comparer les systèmes et changer les différentes technologies, ou utiliser un modèle de système différent en fonction des priorités des usagers, de la demande en certains produits finaux (par ex. compost) des contraintes économiques et la faisabilité technique

Il peut être utile de diviser la zone de planification étudiée en sous-zones, de façon à ce que chaque sous-zone possède des caractéristiques consistantes. La procédure peut ensuite être suivie pour chaque sous-zone, et n'importe quel nombre de systèmes peut être choisi.

Il se peut qu'un système d'assainissement existe déjà partiellement ; dans ce cas, les urbanistes et ingénieurs auront pour but de prendre en compte les infrastructures ou services existants tout en maintenant la flexibilité, la satisfaction de l'utilisateur étant l'objectif principal.

Choix des options d'assainissement par la méthode de planification CLUES

Dans le cadre de la planification de l'assainissement environnemental urbain piloté par la communauté (méthode CLUES), la cinquième des sept étapes consiste à « identifier les options de service ». Les recommandations de la méthode CLUES (cf. Outils de développement sectoriel, p. 8) décrivent en détail comment le Compendium peut être utilisé dans le cadre d'ateliers participatifs impliquant des experts et les populations pour choisir et discuter de solutions d'assainissement adaptées à une zone. www.sandec.ch/clues

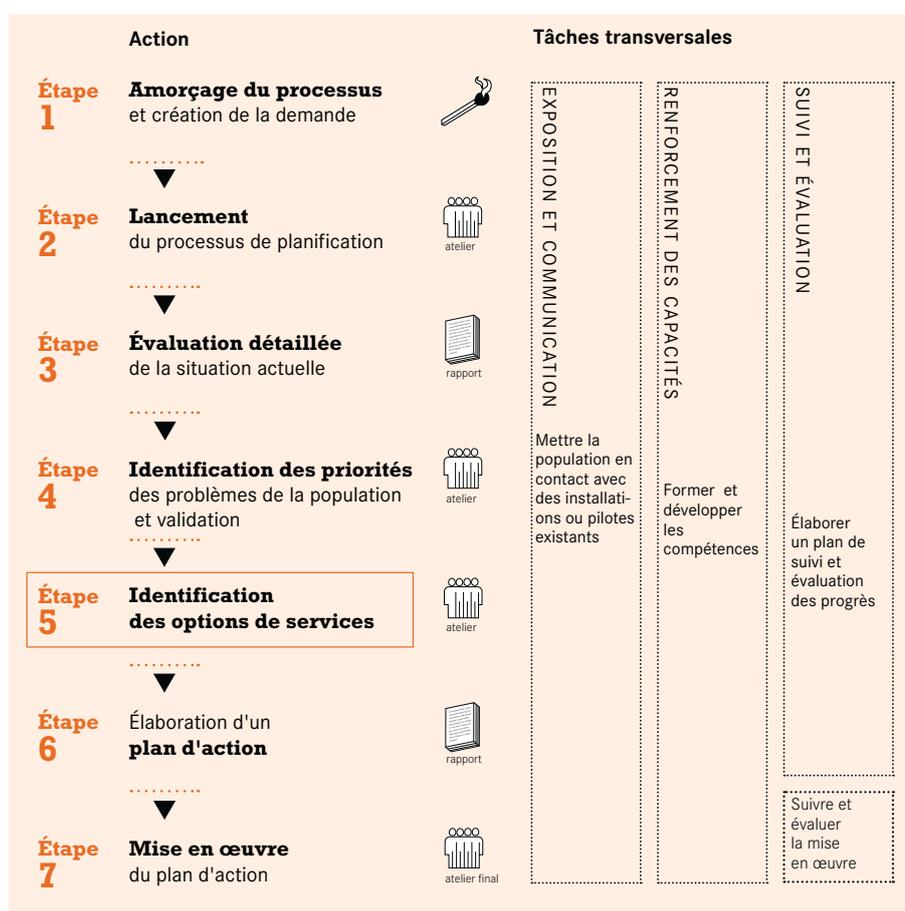


Figure 5. Les 7 étapes de la méthode CLUES

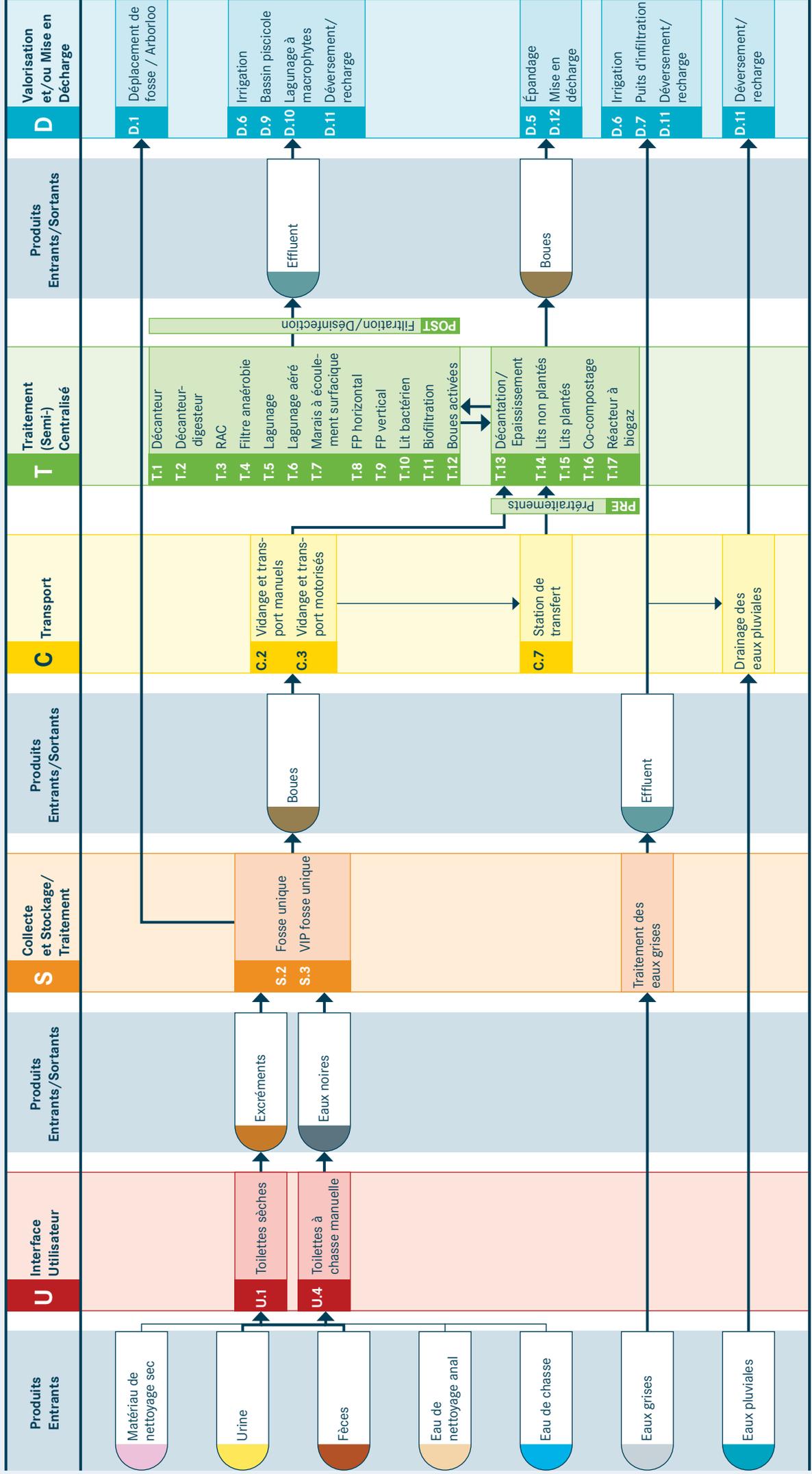
Un modèle de système vierge peut être téléchargé à l'adresse www.sandec.ch/compendium. Il peut également être imprimé pour y esquisser des systèmes d'assainissement adaptés à un site, lors de la discussion des différentes options avec des experts ou des parties concernées au cours d'un atelier.

Un modèle en format PowerPoint est également disponible en téléchargement ; il possède des éléments graphiques

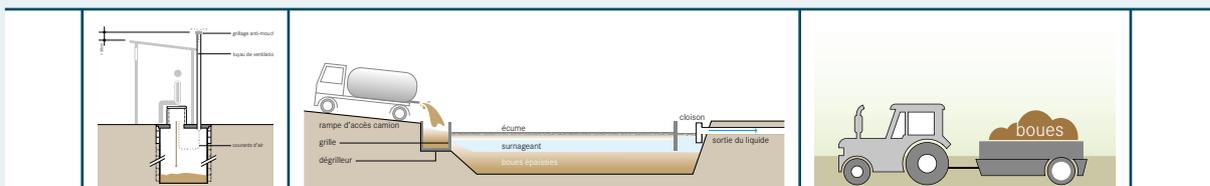
prédéfinis (tels que les produits, les technologies et les flèches), pour faciliter la préparation des dessins du système d'assainissement sur mesure.

Les neuf systèmes types sont présentés et décrits dans les pages suivantes. Chacun d'entre eux est expliqué en détail.

Système 1 : Système avec fosse unique et production de boue



Système 1 : Système avec fosse unique et production de boue



Ce système est fondé sur l'utilisation d'une fosse unique pour collecter et stocker les excréments. Le système peut être employé avec ou sans eau de chasse, selon l'interface utilisateur. Les produits entrant dans le système peuvent inclure l'urine, les fèces, l'eau de nettoyage anal, l'eau de chasse et les matériaux de nettoyage sec. L'utilisation d'eau de chasse et/ou de nettoyage anal dépendra de la disponibilité en eau et des habitudes locales. Il y a deux interfaces utilisateur différentes pour ce système : des toilettes sèches (U.1) ou des toilettes à chasse manuelle (U.4). Un urinoir (U.3) peut également être utilisé. L'interface utilisateur est directement reliée à une technologie de collecte et de stockage/traitement : une fosse unique (S.2) ou une fosse unique ventilée améliorée (VIP, S.3).

Quand la fosse est pleine, il y a plusieurs options. S'il y a de l'espace, la fosse peut être comblée de terre et plantée d'un arbre fruitier ou d'ornement, qui se développera grâce au substrat riche en nutriments (D.1), et une nouvelle fosse sera creusée. Cette option n'est généralement possible que si la superstructure est amovible. Sinon, les boues fécales générées par la technologie de collecte et de stockage/traitement doivent être enlevées et transportées pour un traitement ultérieur. Les technologies de transport qui peuvent être employées comprennent la vidange et le transport manuels (C.2), et la vidange et le transport motorisés (C.3). Un camion de vidange ne peut pomper que des boues de vidange liquides.

Comme les boues de vidange non traitées sont fortement pathogènes avant le traitement, le contact humain et une application directe dans l'agriculture doivent de préférence être évités. Les boues enlevées doivent si possible être transportées dans une station de traitement des boues dédiée (T.13-T.17). Au cas où la station de traitement ne serait pas facilement accessible, les boues de vidange peuvent être déchargées dans une station de transfert (C.7). De là, elles seront transportées vers la station de traitement en véhicule motorisé (C.3). Un arbre de sélection des technologies utilisées dans les stations de traitement de boues de vidange est proposé dans le livre « Gestion des Boues de Vidange » (cf. Outils de développement sectoriel, p. 9). Les technologies de traitement (semi-)centralisé (T.1-T.17) produisent des effluents et des boues, qui peuvent nécessiter un autre traitement avant d'être valorisés ou mis en décharge. Par exemple, les effluents issus d'une station de traitement des boues de vidange peuvent être co-traités avec les eaux usées dans des bassins de lagunage (T.5) ou des filtres plantés (T.7-T.9).

Les options de valorisation des effluents traités comprennent l'irrigation (D.6), les étangs piscicoles (D.9), les lagunes à macrophytes (D.10) ou le déversement dans un plan d'eau (déversement au cours d'eau / recharge de nappe souterraine, D.11). Après un traitement approprié, les boues peuvent être soit utilisées dans l'agriculture (D.5), soit envoyées vers un site de stockage (mise en décharge) (D.12).

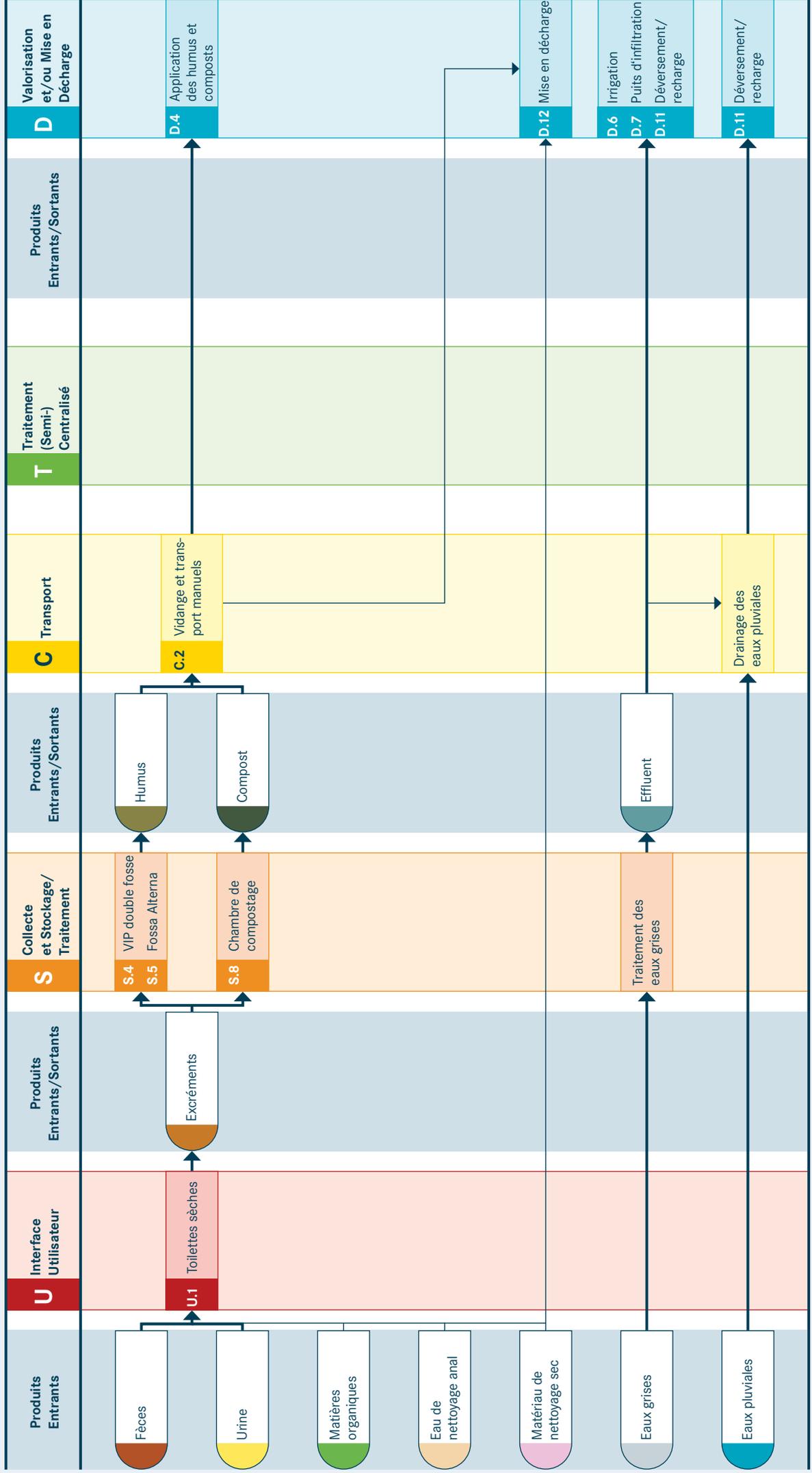
Facteurs à prendre en considération Ce système doit être choisi uniquement là où il y a suffisamment d'espace pour creuser continuellement de nouvelles fosses, ou s'il y a un système approprié de vidange, traitement et valorisation/mise en décharge des boues de vidange. En milieu urbain dense, il est possible que l'espace ne soit pas suffisant pour disposer d'un accès à une fosse pour le soutirage de la boue ou le creusement d'une nouvelle fosse. C'est pourquoi ce système est plus adapté aux milieux rural et périurbain où le sol est approprié au creusement d'une fosse et à l'absorption des percolats. Il n'est pas recommandé dans les zones soumises à de fortes pluies ou à des inondations pouvant faire déborder la fosse.

Une certaine quantité d'eaux grises dans la fosse peut aider à la dégradation, mais en fortes quantités, ces eaux grises peuvent remplir rapidement la fosse ou conduire à une infiltration excessive. Tous les types de matériaux de nettoyage sec peuvent être jetés dans la fosse, mais ils peuvent réduire sa durée de vie et la rendre plus difficile à vider. Si possible, ces matériaux doivent être jetés séparément.

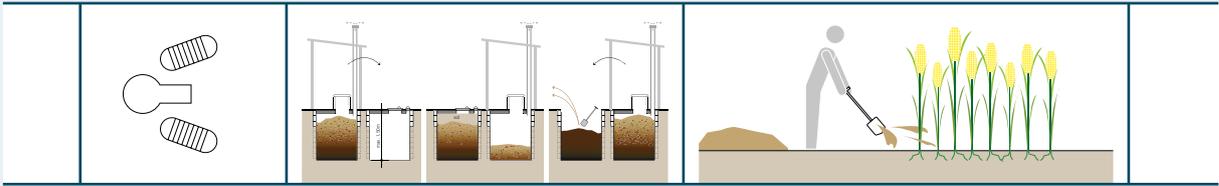
Ce système est parmi les moins chers à construire en termes de coûts d'investissement. Cependant, les coûts d'entretien peuvent être considérables selon la fréquence et la méthode de vidange de la fosse. Si le terrain est approprié et possède une bonne capacité d'absorption, la fosse peut être creusée très profondément (par exemple, à plus de 5 mètres) et utilisée pendant plusieurs années (20 ans ou plus) sans vidange. Mais le niveau de la nappe et son utilisation doivent être pris en compte lors du creusement de la fosse pour éviter sa contamination. Bien que les différents types de fosses se rencontrent fréquemment dans le monde entier, il est rare de trouver un système à fosse bien conçu, et avec des composantes transport, traitement et valorisation/mise en décharge adaptées.

Des recommandations pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréments et des eaux ménagères ont été publiées par l'Organisation Mondiale de la Santé et sont référencées dans les fiches d'information technologique concernées.

Système 2 : Système avec fosse sèche sans production de boue



Système 2: Système avec fosse sèche sans production de boue



Ce système est conçu pour produire un matériau solide, semblable à de la terre, en employant des fosses alternées ou une chambre de compostage (S.8). Les produits entrant dans le système sont l'urine, les fèces, des composés organiques, de l'eau de nettoyage anal et des matériaux de nettoyage sec. Il n'y a pas d'eau de chasse.

Des toilettes sèches simples (U.1) sont l'interface utilisateur recommandée pour ce système, mais des toilettes sèches à séparation d'urine (U.2) ou un urinoir (U.3) peuvent aussi être utilisés si la valeur de l'urine pour l'agriculture est élevée. Une toilette sèche n'exige pas d'eau pour fonctionner et en fait, l'eau ne doit pas entrer dans ce système ; l'eau de nettoyage anal doit être utilisée au minimum, voire exclue, si possible.

L'interface utilisateur est directement connectée à une double fosse ventilée améliorée (S.4), une Fossa Alterna (S.5) ou une chambre de compostage (S.8) pour la collecte et le stockage/traitement.

Les fosses alternées, telles que le double VIP ou la « Fossa Alterna », permettent au matériau de s'écouler, de se dégrader et de se transformer en humus, une matière humique riche en nutriments et hygiéniquement améliorée, qui peut être dégagée sans risques. Quand la première fosse est pleine, elle est couverte et temporairement mise hors service. Pendant que l'autre fosse se remplit d'excréments (et potentiellement de composés organiques), le contenu de la première fosse repose et se dégrade. Ce n'est que lorsque les deux fosses sont pleines que la première est vidée et remise en service. Et le cycle peut être répété indéfiniment. Pendant que les excréments de la fosse mise au repos s'assèchent et se dégradent, pendant au moins un an, l'humus qui en résulte doit être enlevé manuellement, à l'aide de pelles ; un accès pour les camions de vidange n'est pas nécessaire.

Bien qu'une chambre de compostage ne soit pas strictement une technologie du système 2, elle peut aussi comporter des chambres alternées qui, correctement utilisées, produiront un compost sain et utilisable. C'est pour cette raison qu'elle est quand même incluse dans ce modèle de système.

Le compost/humus issu de cette technologie de collecte et de stockage/traitement peut être enlevé et transporté pour valorisation et/ou mise en décharge manuellement, à l'aide d'un service de vidange et de transport manuels (C.2). Ayant subi une dégradation significative, la matière humique peut être manipulée et réutilisée comme amendement de sol dans l'agriculture de façon assez sûre. En cas d'inquiétude sur la qualité de l'humus ou du compost, ceux-ci peuvent être compostés davantage dans une installation de compostage dédiée avant d'être utilisés. Si ce produit ne

doit pas être utilisé, il peut être temporairement ou définitivement stocké (D.12)

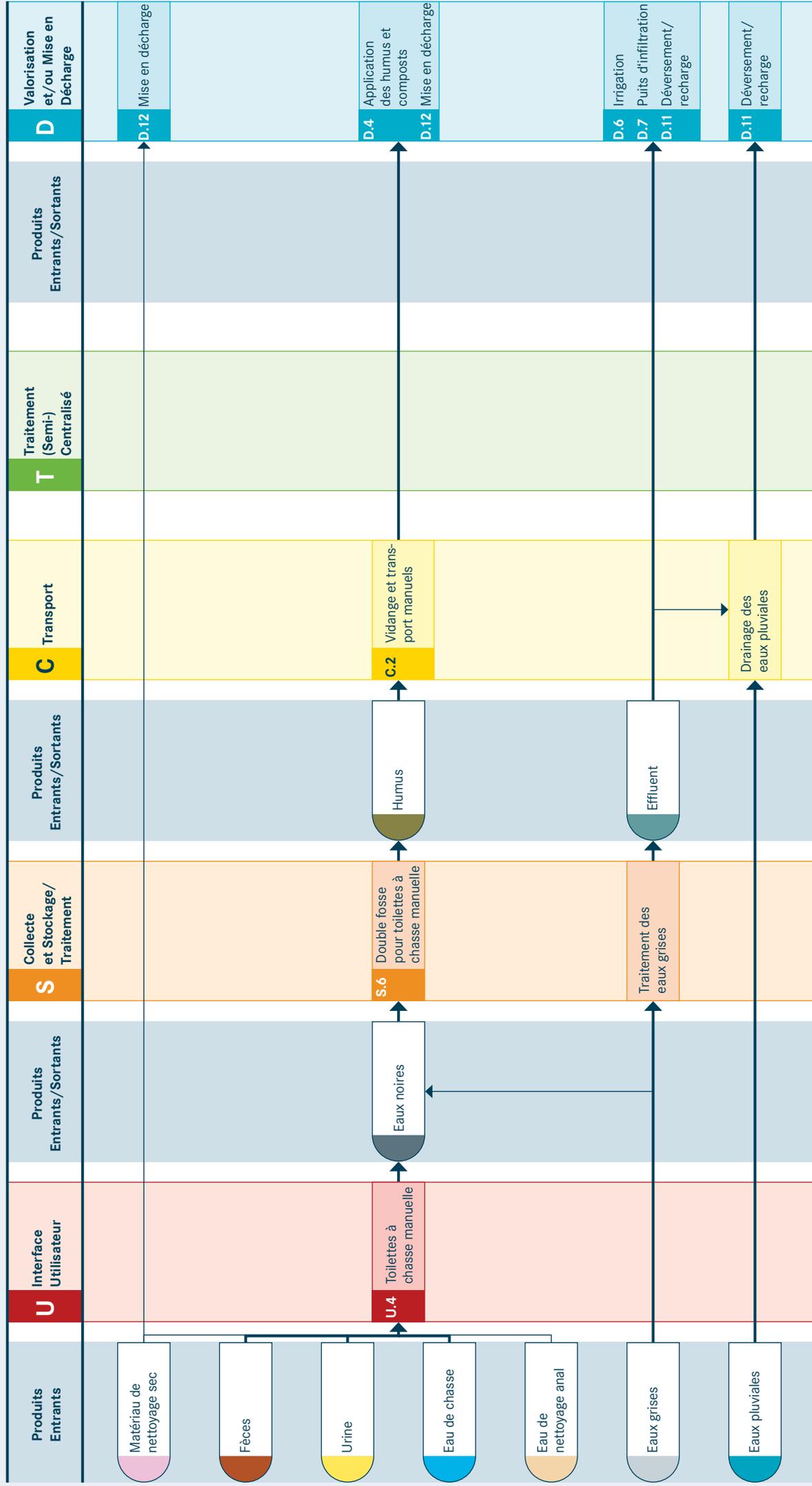
Ce système est différent du système 1 (avec fosse unique) du point de vue du produit généré au niveau de la collecte et du stockage/traitement. Dans le système précédent, les boues devaient être traitées ultérieurement avant de pouvoir être utilisées, tandis que l'humus et le compost produits par ce système sont prêts à être utilisés et/ou évacués après la collecte et le stockage/traitement.

Facteurs à prendre en considération Puisque le système est permanent et peut être utilisé indéfiniment (par opposition à des fosses uniques qui seraient remplies et recouvertes), il peut être utilisé là où l'espace est limité. En outre, du fait que le produit doit être enlevé manuellement, ce système est approprié pour les zones denses qui ne peuvent être desservies par des camions de vidange dans le cadre d'une vidange et d'un transport motorisés (C.3). Ce système est particulièrement approprié aux zones sèches et celles où il est possible d'utiliser le produit humique comme amendement de sol. Le matériau retiré devrait être sain et sous forme utilisable, mais une protection personnelle adaptée doit être portée pendant la vidange, le transport et l'utilisation.

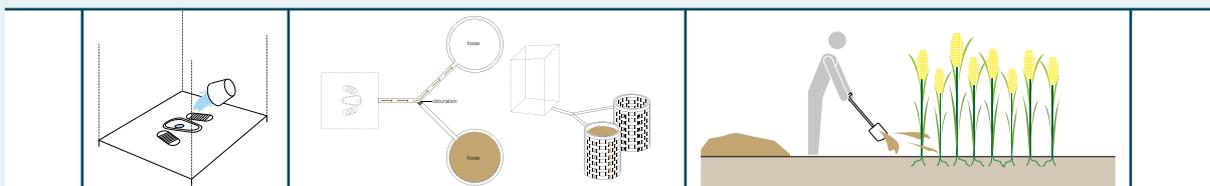
Le succès de ce système repose sur son utilisation correcte et sur une période de stockage prolongée. Si une source appropriée et continue de sol, cendres ou composés organiques (feuilles, herbes, coques de coco ou glumelles de riz, copeaux, etc.) est disponible, le processus de décomposition est accéléré et la période de stockage peut être réduite. La période de stockage peut être minimisée si le matériau dans la fosse demeure bien aéré et n'est pas trop humide. Par conséquent, les eaux grises doivent être collectées et traitées séparément. Trop d'humidité dans la fosse aura pour effet de remplir les vides interstitiels et de priver d'oxygène les micro-organismes, ce qui peut altérer le processus de dégradation. Les matériaux de nettoyage sec peuvent être mélangés dans la fosse avec les excréments, particulièrement s'ils sont riches en carbone (par exemple, du papier-toilette, du papier journal, des épis de maïs, etc.), car cela peut aider à la dégradation et à la circulation de l'air.

Des recommandations pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères ont été publiées par l'Organisation Mondiale de la Santé et sont référencées dans les fiches d'information technologique concernées.

Système 3 : Système avec chasse manuelle sans production de boue



Système 3: Système avec chasse manuelle sans production de boue



Il s'agit d'un système humide utilisant une toilette à chasse (dalle à position accroupie ou siège, U.4) et des fosses doubles (S.6), pour produire un produit partiellement digéré, semblable à de l'humus, qui peut être employé pour l'amendement des sols. Si l'eau n'est pas disponible, on se référera aux systèmes 1, 2 et 4. Les produits entrant dans ce système comprennent les fèces, l'urine, l'eau de chasse, l'eau de nettoyage anal, les matériaux de nettoyage sec et les eaux grises. La technologie d'interface utilisateur pour ce système est une toilette à chasse manuelle (U.4). Un urinoir (U.3) peut être employé en plus. Les eaux noires sortant de l'interface, et peut-être les eaux grises, sont déversées dans une double fosse pour toilettes à chasse manuelle (S.6) à des fins de collecte et de stockage/traitement. La double fosse est tapissée d'un matériel poreux qui permet au liquide de s'infiltrer dans le sol, tandis que les solides s'accumulent et se dégradent au fond de la fosse. Pendant qu'une des fosses se remplit d'eaux noires, l'autre est hors service. Quand la première fosse est pleine, elle est couverte et temporairement mise hors service. La fosse prend au moins deux ans pour se remplir. Quand la deuxième fosse est pleine, la première fosse est ré-ouverte et le contenu vidangé.

Après un temps de repos d'au moins deux ans, le contenu est transformé en humus, une matière humique riche en nutriments, hygiéniquement améliorée, que l'on peut extraire en toute sécurité. Ayant subi une dégradation et une déshydratation significatives, l'humus est bien plus hygiénique que les boues brutes non digérées. Il ne nécessite donc pas de traitement supplémentaire dans une station (semi-)centralisée. L'humus est dégagé en utilisant une technologie de vidange et de transport manuels (C.2), et transporté pour être utilisé et/ou évacué. La fosse vide est ensuite remise en service. Le cycle peut être répété indéfiniment.

L'humus a de bonnes propriétés d'amendement des sols et son application dans l'agriculture est possible (D.4). Si des inquiétudes subsistent sur la qualité de l'humus, il peut être composté de nouveau dans une installation de compostage dédiée, avant d'être utilisé. Si aucun usage de ce produit n'est prévu, il peut être stocké de façon temporaire ou permanente (D.12).

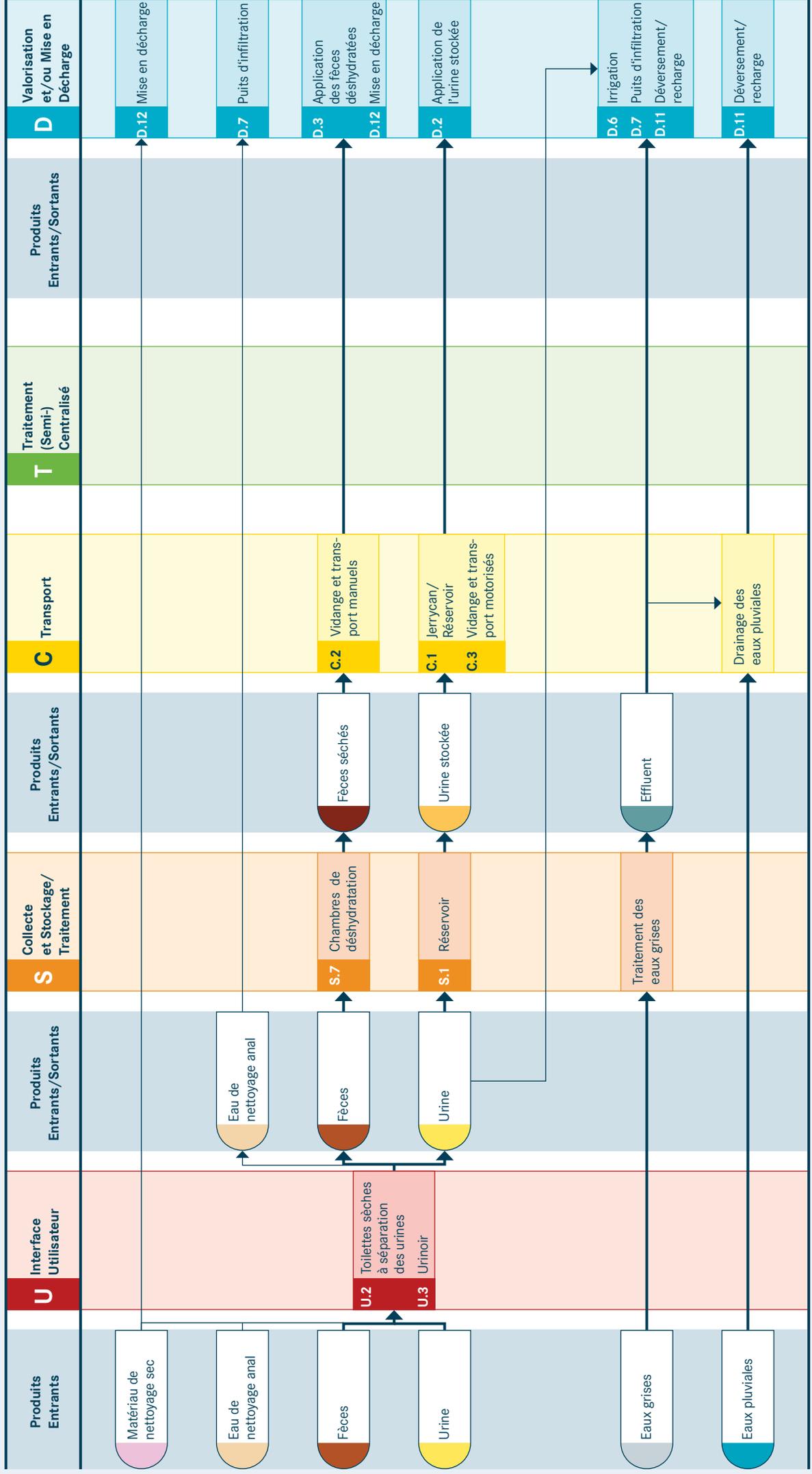
Facteurs à prendre en considération Ce système est adapté aux zones rurales et périurbaines, dont le sol peut absorber le percolat de façon continue et appropriée. Il n'est en revanche pas adapté aux zones dont le sol est argileux ou compact. Le percolat de la double fosse s'infiltrant directement dans le sol environnant, ce système ne doit être installé que lorsque la surface libre de la nappe est profonde et ne risque pas d'être contaminée par les fosses. En cas d'inondations fréquentes ou si la surface libre de la nappe est trop élevée et que l'eau entre dans les fosses, le processus de déshydratation, en particulier dans la fosse au repos, sera entravé. Le matériau retiré devrait être sain et sous forme utilisable, mais une protection personnelle adaptée doit être portée pendant la vidange, le transport et l'usage.

Les eaux grises peuvent être cogérées avec les eaux noires dans la double fosse, surtout si la quantité d'eaux grises est assez faible et qu'aucun autre système ne les prend en compte. Cependant, de grandes quantités d'eaux de rinçage et/ou grises peuvent entraîner une infiltration excessive à travers la fosse, voire une contamination de la nappe.

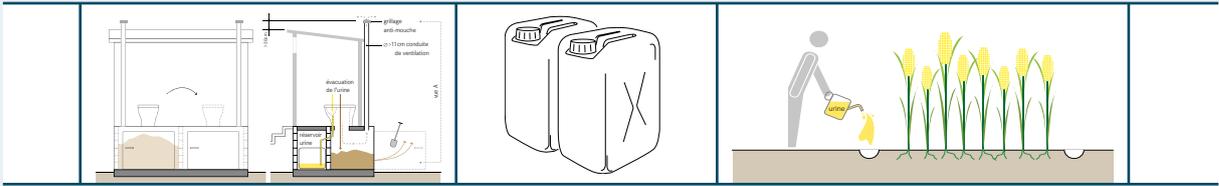
Ce système est bien adapté au nettoyage anal avec de l'eau. Si possible, les matériaux de nettoyage sec doivent être collectés et évacués séparément (D.12), parce qu'ils peuvent obstruer la tuyauterie et empêcher le liquide à l'intérieur de la fosse d'infiltrer le sol.

Des recommandations pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères ont été publiées par l'Organisation Mondiale de la Santé et sont référencées dans les fiches d'information technologique concernées.

Système 4 : Système sec avec séparation des urines



Système 4: Système sec avec séparation des urines



Ce système est conçu pour séparer l'urine des fèces et permettre la déshydratation de ces dernières et/ou la récupération de l'urine pour réutilisation. Les produits entrant dans le système peuvent inclure des fèces, de l'urine, de l'eau de nettoyage anal et des matériaux de nettoyage sec. La principale technologie d'interface utilisateur pour ce système est la toilette sèche à séparation d'urine (UDDT, U.2), qui permet de collecter séparément les fèces et l'urine. Un urinoir (U.3) peut en outre être installé pour collecter efficacement l'urine. Il existe différents modèles d'UDDT, en fonction des préférences (par exemple, avec un troisième trou de déviation pour l'eau de nettoyage anal).

Des bacs de déshydratation (S.7) sont employés pour la collecte et le stockage/traitement des fèces. Lors de leur stockage dans les bacs, les fèces doivent être maintenues aussi sèches que possible afin de faciliter la déshydratation et la réduction des agents pathogènes. Par conséquent, les bacs doivent être imperméables, et des précautions doivent être prises pour assurer que l'eau n'entre pas dans le système. L'eau de nettoyage anal ne doit jamais être envoyée dans les bacs de déshydratation, mais plutôt détournée dans un puits d'infiltration (D.7). En outre, il est important de disposer constamment de cendres, de chaux, de terre ou de sciure pour couvrir les fèces. Cela aide à absorber l'humidité et à réduire les odeurs, et offre une barrière entre les fèces et les vecteurs potentiels (mouches). Si des cendres ou de la chaux sont utilisées, l'augmentation du pH qui en résultera contribuera également à éliminer les organismes pathogènes.

Des réservoirs/conteneurs de stockage d'urine (S.1) sont utilisés pour la collecte et le stockage/traitement de l'urine. Sinon, l'urine peut aussi être déviée directement vers le sol par un système d'irrigation (D.6) ou infiltrée par l'intermédiaire d'un puits d'infiltration (D.7). L'urine stockée peut être facilement manipulée et entraîne peu de risques, car elle est presque stérile. Grâce à sa forte teneur en nutriments, elle peut tenir lieu de bon engrais liquide. Elle peut être transportée pour une application dans l'agriculture (D.2), par un jerrycan ou dans un réservoir (C.1), ou par une technologie de vidange et transport mécanique (C.3) – de la même façon que l'eau ou les boues sont transportées vers les champs.

La vidange et le transport manuels sont requis pour l'évacuation des fèces séchées des bacs de déshydratation et leur transport. L'usage alterné de doubles bacs de déshydratation permet d'allonger la période de déshydratation, afin que le risque posé par le retrait des fèces séchées soit faible pour la santé humaine. Un temps de stockage de 6

mois minimum est recommandé lorsque des cendres ou de la chaux sont utilisées comme matériel de couverture. Les fèces séchées peuvent alors être appliquées comme amendement de sol (D.3). Si des inquiétudes subsistent sur la qualité du matériau, il peut être composté davantage dans une installation de compostage dédiée, avant d'être utilisé. Si aucun usage de ce produit n'est prévu, il peut être stocké temporairement ou de façon permanente (D.12).

Facteurs à prendre en considération. Ce système peut être utilisé n'importe où, mais il est particulièrement approprié pour les sols rocheux difficiles à creuser et dans les régions à faibles ressources en eau. Le succès de ce système dépend de la séparation efficace de l'urine et des fèces, et de l'utilisation d'un matériau de couverture approprié. Un climat sec et chaud peut également contribuer considérablement à la déshydratation rapide des fèces.

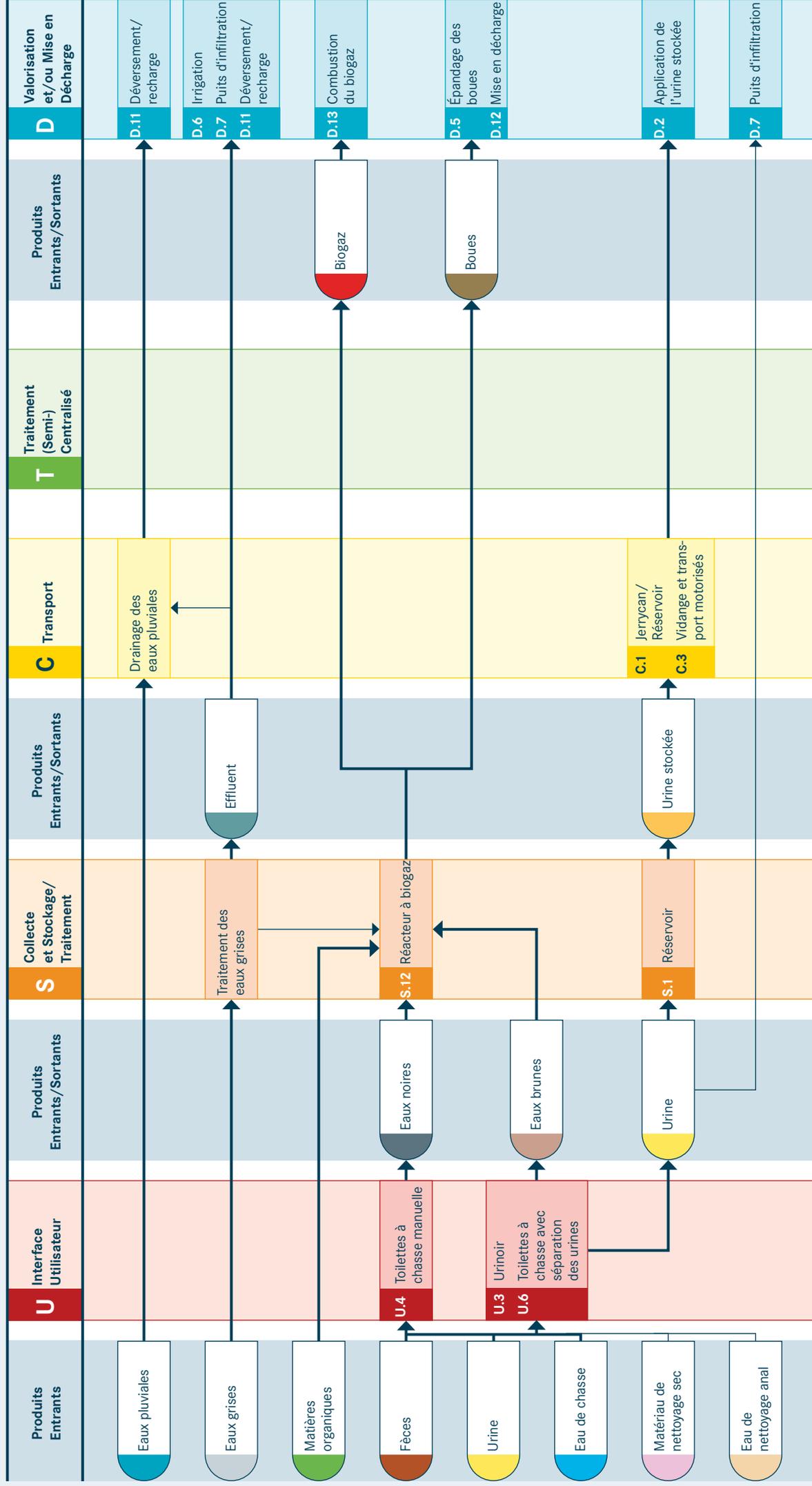
Le matériau retiré devrait être sain et sous forme utilisable, mais une protection personnelle adaptée doit être portée pendant la vidange, le transport et l'usage.

Un système séparé pour les eaux grises est nécessaire, puisque celles-ci ne peuvent pas être introduites dans les bacs de déshydratation. S'il n'existe pas de besoin agricole et/ou si l'utilisation de l'urine n'est pas acceptée, cette dernière peut être infiltrée directement dans le sol ou dans un puits d'infiltration. En cas d'absence de fournisseurs de dalle ou de produits UDDT préfabriqués, ceux-ci peuvent être fabriqués localement à partir des matériaux disponibles.

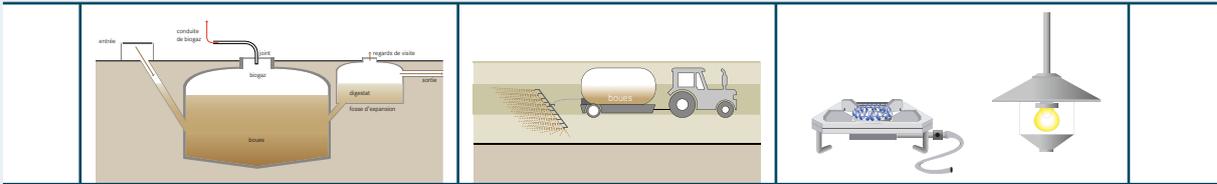
Tous les types de matériaux de nettoyage sec peuvent être employés, mais il vaut mieux les collecter séparément, puisqu'ils ne vont pas se décomposer dans les bacs et prennent de la place. L'eau de nettoyage anal doit être séparée des fèces, mais elle peut être mélangée à l'urine si elle est transférée dans un puits d'infiltration. Si l'urine n'est pas utilisée dans l'agriculture, l'eau de nettoyage anal doit être maintenue séparée et infiltrée localement ou traitée avec les eaux grises.

Des recommandations pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excreta et des eaux ménagères ont été publiées par l'Organisation Mondiale de la Santé et sont référencées dans les fiches d'information technologique concernées.

Système 5 : Système utilisant le biogaz



Système 5: Système utilisant le biogaz



Ce système est basé sur l'utilisation d'un Réacteur à biogaz (S.12) pour collecter, stocker et traiter les excréments. En outre, ce réacteur produit du biogaz qui peut être utilisé pour cuisiner, éclairer ou générer de l'électricité. Les produits entrant dans le système comprennent l'urine, les fèces, l'eau de nettoyage anal, les matériaux de nettoyage sec, des composés organiques (tels que des déchets de marché ou de cuisine) et le cas échéant, des déchets animaux.

Ce système fonctionne avec deux technologies d'interface utilisateur : des toilettes à chasse manuelle (U.4) ou si une demande d'urine à utiliser dans l'agriculture existe, des toilettes à chasse avec séparation des urines (U.6). Un urinoir (U.3) peut également être utilisé. L'interface utilisateur est directement reliée à un Réacteur à biogaz (S.12, aussi appelé digesteur anaérobie), à des fins de collecte et de stockage/traitement. Si des toilettes à chasse avec séparation des urines (et/ou un urinoir) sont installés, ils seront reliés à un réservoir de stockage (S.1) pour la collecte de l'urine.

Selon la charge et la conception du réacteur à biogaz, un digestat peu concentré ou épais (les boues) sera soutiré en continu. En raison du volume et du poids élevés du matériau généré, les boues doivent préférentiellement être utilisées sur place. Dans certaines conditions, un digestat très peu concentré peut être déversé dans un égout (non indiqué sur le schéma de système type).

Bien que les boues aient subi une digestion anaérobie, elles ne sont pas débarrassées des agents pathogènes et doivent être utilisées avec prudence, en particulier si aucun autre traitement n'est appliqué. Selon l'usage auquel elles sont destinées, un traitement supplémentaire (par exemple, dans des lits de séchage plantés, T.15) peut être nécessaire avant l'épandage. Elles sont riches en nutriments et constituent un bon engrais qui peut être utilisé dans l'agriculture (D.5), ou elles peuvent être mises en décharge (D.12). Le biogaz produit doit être utilisé en continu, par exemple en tant que combustible propre pour la cuisine ou l'éclairage (D.13). Si le gaz n'est pas brûlé, il s'accumulera dans le réservoir et sous la pression qui augmente, il poussera dehors le digestat jusqu'à ce qu'il s'échappe dans l'atmosphère par le point de sortie.

Un réacteur à biogaz peut fonctionner avec ou sans urine. L'avantage de séparer l'urine du réacteur est qu'on peut utiliser celle-ci séparément comme source concentrée de nutriments sans contamination par des agents pathogènes. L'urine collectée dans le réservoir de stockage doit être dans l'idéal, appliquée dans les champs voisins (D.2).

L'urine stockée peut être transportée dans des jerrycans ou un réservoir (C.1), ou bien en utilisant une technologie de vidange et de transport motorisés (C.3).

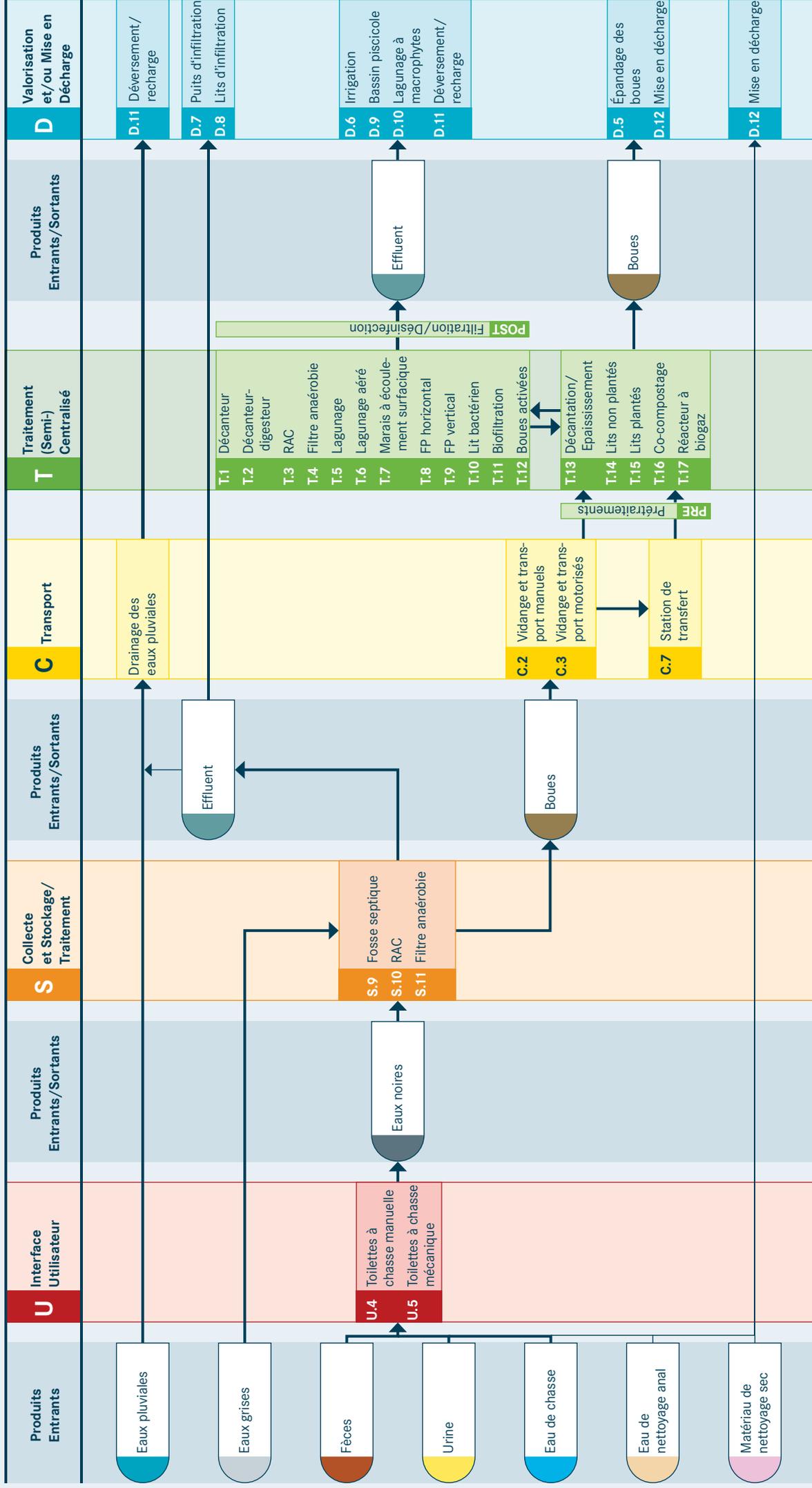
Facteurs à prendre en considération Ce système convient mieux aux zones rurales et périurbaines, là où existe un espace suffisant, une source régulière de substrat organique pour le réacteur à biogaz et une utilisation potentielle du digestat et du biogaz. Le réacteur lui-même peut être construit sous terre (par exemple, sous des terres agricoles et dans certains cas, des routes), afin de réduire son encombrement. Ce système peut aussi être utilisé dans une zone urbaine dense, mais une gestion correcte des boues est cruciale et demande une attention spécifique. La production de digestat étant continue, il est nécessaire de prendre des mesures pour un usage tout au long de l'année et/ou un transport hors du site.

Le réacteur à biogaz peut fonctionner avec des produits entrants très variés, et convient particulièrement lorsqu'une source constante d'excréments animaux existe, ou que les déchets de marché ou de cuisine sont abondants. Dans les exploitations agricoles par exemple, de grandes quantités de biogaz peuvent être produites si du fumier animal est co-digéré avec les eaux noires, alors que des excréments humains seuls ne permettront pas d'atteindre une production importante de gaz. Le bois ou la paille sont difficiles à dégrader et devront donc être évités.

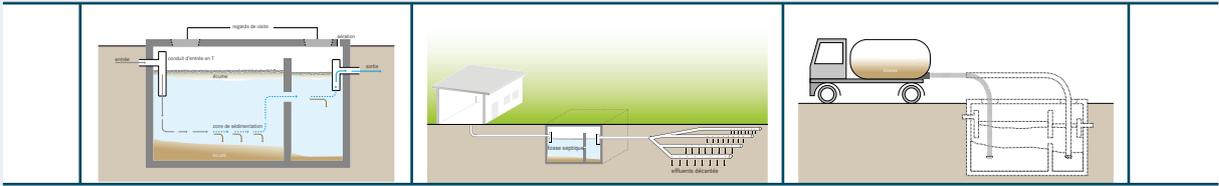
Il peut falloir un peu de temps pour réaliser un bon dosage entre les excréments (humains et animaux), les composés organiques et l'eau, mais le système est généralement indulgent. Il faut néanmoins prendre garde à ne pas le surcharger avec trop de solides ou trop de liquides (par exemple, les eaux grises ne doivent pas être déversées dans le réacteur à biogaz, car elles réduisent significativement le temps de rétention hydraulique).

La plupart des types de matériaux de nettoyage sec et de composés organiques peuvent être déversés dans le réacteur à biogaz, mais pour accélérer la digestion et obtenir des réactions régulières dans le réservoir, les gros éléments doivent être broyés ou coupés en petits morceaux. Des recommandations pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères ont été publiées par l'Organisation Mondiale de la Santé et sont référencées dans les fiches d'information technologique concernées.

Système 6 : Système avec traitement des eaux noires et infiltration



Système 6: Système avec traitement des eaux noires et infiltration



C'est un système avec eau qui nécessite une toilette à chasse et une technologie de collecte et de stockage/traitement supportant de grandes quantités d'eau. Les produits entrant dans le système peuvent être des fèces, de l'urine, de l'eau de chasse, de l'eau de nettoyage anal, des matériaux de nettoyage sec et des eaux grises. Il y a deux technologies d'interface utilisateur pouvant être employées pour ce système : une toilette à chasse manuelle (U.4) ou une toilette à chasse mécanique (U.5). Un urinoir (U.3) peut être ajouté. L'interface utilisateur est directement reliée à une technologie de collecte et de stockage/traitement pour les eaux noires produites : une fosse septique (S.9), ou un réacteur anaérobie compartimenté (ABR, S.10), ou un filtre anaérobie (S.11). Les processus anaérobies réduisent la charge organique et en agents pathogènes, mais l'effluent ne convient pas encore pour une utilisation directe. Les eaux grises doivent être traitées avec les eaux noires avec la même technologie de collecte et de stockage/traitement, mais s'il y a un besoin de récupération d'eau, elles peuvent être traitées séparément (non indiqué dans le schéma du système type). L'effluent issu du processus de collecte et de stockage/traitement peut être dévié directement dans le sol pour valorisation à travers un puits d'infiltration (D.7) ou des champs d'épandage (D8). Bien que ce ne soit pas recommandé, l'effluent peut aussi être évacué vers le réseau des eaux pluviales à des fins de déversement au cours d'eau / recharge de nappe souterraine (D.11). Cela ne doit être envisagé que si la qualité de l'effluent est suffisante et qu'il n'y a pas de possibilité d'infiltration sur site ou de transport hors du site.

Les boues générées par la technologie de collecte et de stockage/traitement doivent être enlevées et transportées pour subir un autre traitement. Les technologies de transport qui peuvent être employées incluent la vidange et le transport humains (C.2) ou motorisés (C.3). Étant donné que les boues sont fortement pathogènes avant le traitement, le contact humain et les applications agricoles directes doivent être évités. Les boues enlevées doivent préférentiellement être transportées dans une station de traitement des boues dédiée (technologies T.13 à T.17). Au cas où le service de traitement n'est pas facilement accessible, les boues peuvent être déversées dans une station de transfert (C.7). De là, elles seront transportées vers une station de traitement par véhicule motorisé (C.3).

Un arbre de sélection des technologies utilisées dans les stations de traitement des boues de vidange est proposé dans le livre « Gestion des Boues de Vidange » (cf. Outils de développement sectoriel, p. 9). Les technologies de traitement (semi-)centralisé (T.1 à T.17) produisent des effluents

et des boues, qui peuvent nécessiter un autre traitement avant d'être valorisés ou stockés. Par exemple, les effluents issus d'une station de traitement des boues de vidange peuvent être co-traités avec les eaux usées dans des bassins de lagunage (T.5) ou des filtres plantés (T.7 à T.9).

Les options de valorisation des effluents traités comprennent l'irrigation (D.6), les étangs piscicoles (D.9), les lagunes à macrophytes (D.10) ou le déversement au cours d'eau / recharge de nappe souterraine (D.11). Après un traitement approprié, les boues peuvent être soit utilisées dans l'agriculture (D.5), soit envoyées vers un site de stockage (mise en décharge) (D.12).

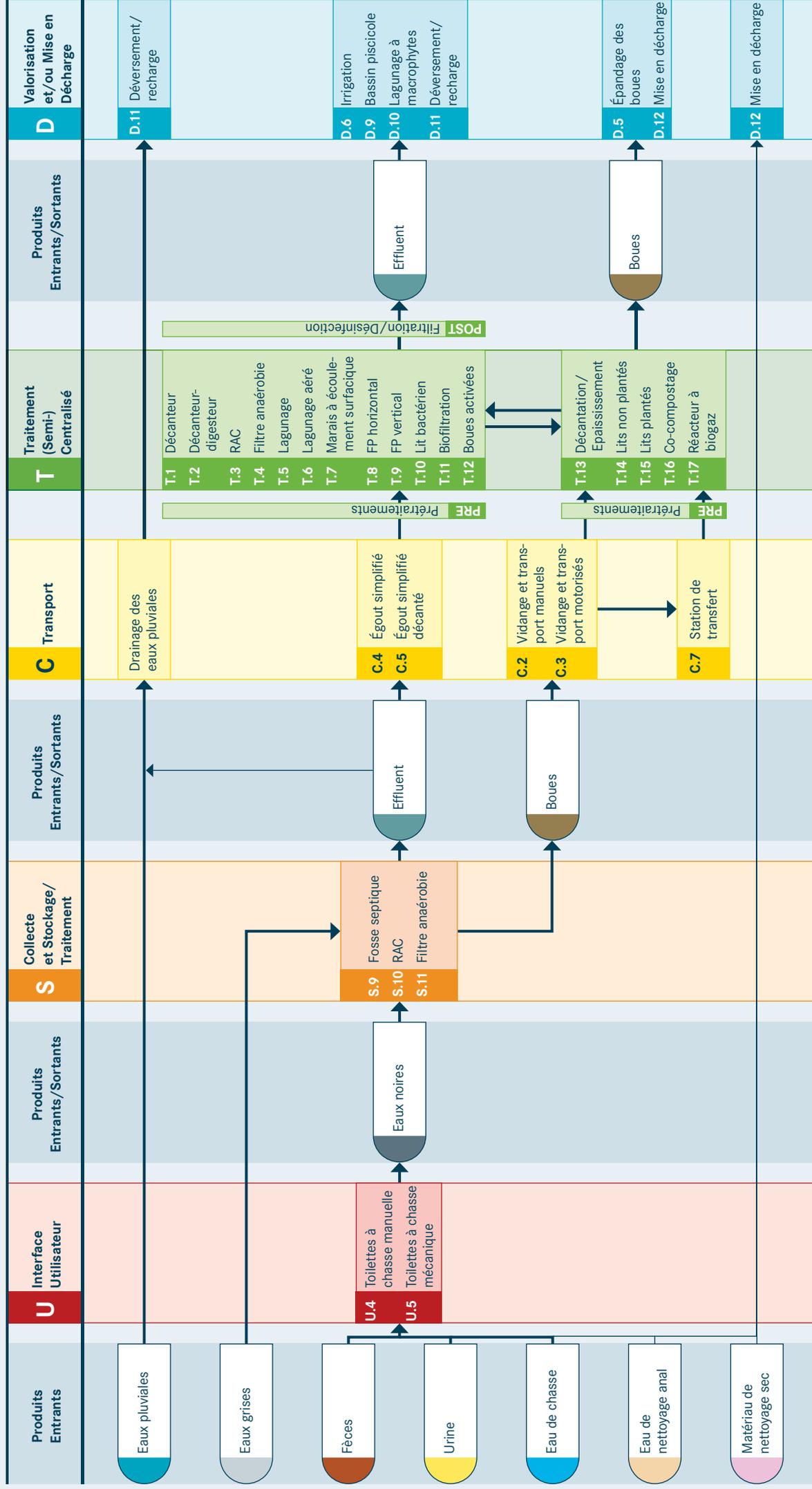
Facteurs à prendre en considération Ce système est seulement approprié dans les zones où les services de vidange sont disponibles et économiquement accessibles, et où il existe un moyen adéquat d'évacuation des boues. Pour que les technologies d'infiltration fonctionnent, il est nécessaire de disposer d'un espace suffisant et que le sol ait la capacité appropriée à absorber l'effluent. Si ce n'est pas le cas, veuillez plutôt vous référer au système 7 (système avec traitement des eaux noires et transport de l'effluent). Ce système peut être adapté pour une utilisation sous les climats froids, y compris en cas de gel du sol. Le système exige une source permanente d'eau.

Ce système à base d'eau convient aux produits entrants tels que l'eau de nettoyage anal, et puisque les solides sont déposés et digérés sur place, les matériaux de nettoyage sec facilement dégradables peuvent être utilisés. En revanche, les matériaux rigides ou non dégradables (tels que les feuilles ou les chiffons) peuvent obstruer le système et entraîner des problèmes de vidange ; par conséquent, ils ne doivent pas être utilisés. Au cas où les matériaux de nettoyage sec sont collectés séparément à partir de toilettes à chasse, ils doivent être évacués de façon appropriée (mise en décharge, par exemple, D.12).

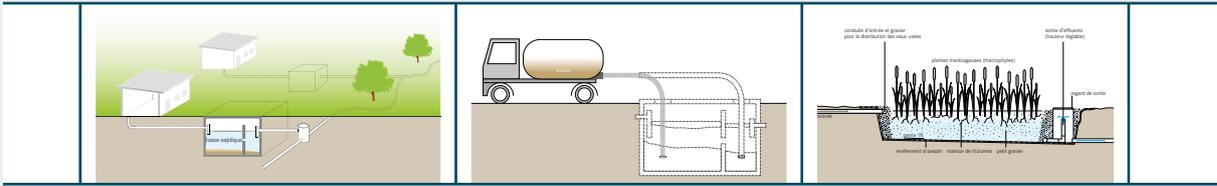
L'investissement pour ce genre de système est considérable (excavation et installation d'une technologie de stockage et d'infiltration in situ), mais les coûts peuvent être partagés entre plusieurs ménages si le système est conçu pour un grand nombre d'utilisateurs.

Des recommandations pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères ont été publiées par l'Organisation Mondiale de la Santé et sont référencées dans les fiches d'information technologique concernées.

Système 7 : Système avec traitement des eaux noires et transport de l'effluent



Système 7: Système avec traitement des eaux noires et transport de l'effluent



Ce système est caractérisé par l'utilisation d'une technologie au niveau du ménage pour extraire et digérer les matières décantables des eaux noires, et un réseau d'égouts simplifiés (C.4) ou simplifié décanté (C.5) pour transporter l'effluent vers une station de traitement (semi-) centralisé. Les produits entrant dans ce système incluent les fèces, l'urine, l'eau de chasse, l'eau de nettoyage anal, les matériaux de nettoyage sec et les eaux grises.

Ce système est comparable au système 6 (Système avec traitement des eaux noires et infiltration), sauf que la gestion de l'effluent issu de la collecte et du stockage/traitement des eaux noires diffère : l'effluent provenant des fosses septiques (S9), de réacteurs anaérobies compartimentés (S.10) ou de filtres anaérobies (S.11) est transporté vers une station de traitement (semi-)centralisé, par l'intermédiaire d'un égout simplifié ou simplifié décanté. Les unités de collecte et de stockage/traitement servent de « réservoir collecteur » et permettent d'utiliser des égouts simplifiés de petit diamètre, car l'effluent ne contient pas de matières décantables. Semblable au système 6, l'effluent peut également être évacué vers le réseau des eaux pluviales dans un but de déversement au cours d'eau / recharge de nappe souterraine (D.11), bien que ce ne soit pas la méthode recommandée. Cela ne doit être envisagé que si la qualité de l'effluent est suffisante et que le transport vers une station de traitement n'est pas faisable.

L'effluent transporté vers un site de traitement est traité en utilisant une combinaison des technologies T.1 à T.12. Comme dans le système 6, les boues issues de la collecte et stockage/traitement doivent être enlevées et transportées en vue d'un traitement supplémentaire dans une station de traitement des boues dédiée (T.13 à T.17).

Un arbre de sélection des technologies utilisées dans les stations de traitement des boues de vidange est proposé dans le livre « Gestion des Boues de Vidange » (cf. Outils de développement sectoriel, p. 9). Les technologies de traitement (semi-)centralisé (T.1 à T.17) produisent des effluents et des boues, qui peuvent nécessiter un autre traitement avant d'être valorisés ou stockés .

Les options de valorisation des effluents traités comprennent l'irrigation (D.6), les étangs piscicoles (D.9), les lagunes à macrophytes (D.10) ou le déversement au cours d'eau / recharge de nappe souterraine (D.11). Après un traitement approprié, les boues peuvent être soit utilisées dans l'agriculture (D.5), soit envoyées vers un site de stockage (mise en décharge) (D.12).

Facteurs à prendre en considération Ce système convient particulièrement bien aux environnements urbains, lor-

sque le sol ne permet pas l'infiltration de l'effluent. Le réseau d'égouts étant peu profond et (dans l'idéal) étanche, il est également applicable dans les zones où la surface libre de la nappe est élevée. Ce système peut être utilisé comme un moyen de moderniser des technologies existantes mais peu performantes, de collecte et stockage/traitement (par exemple, des fosses septiques), en améliorant le traitement.

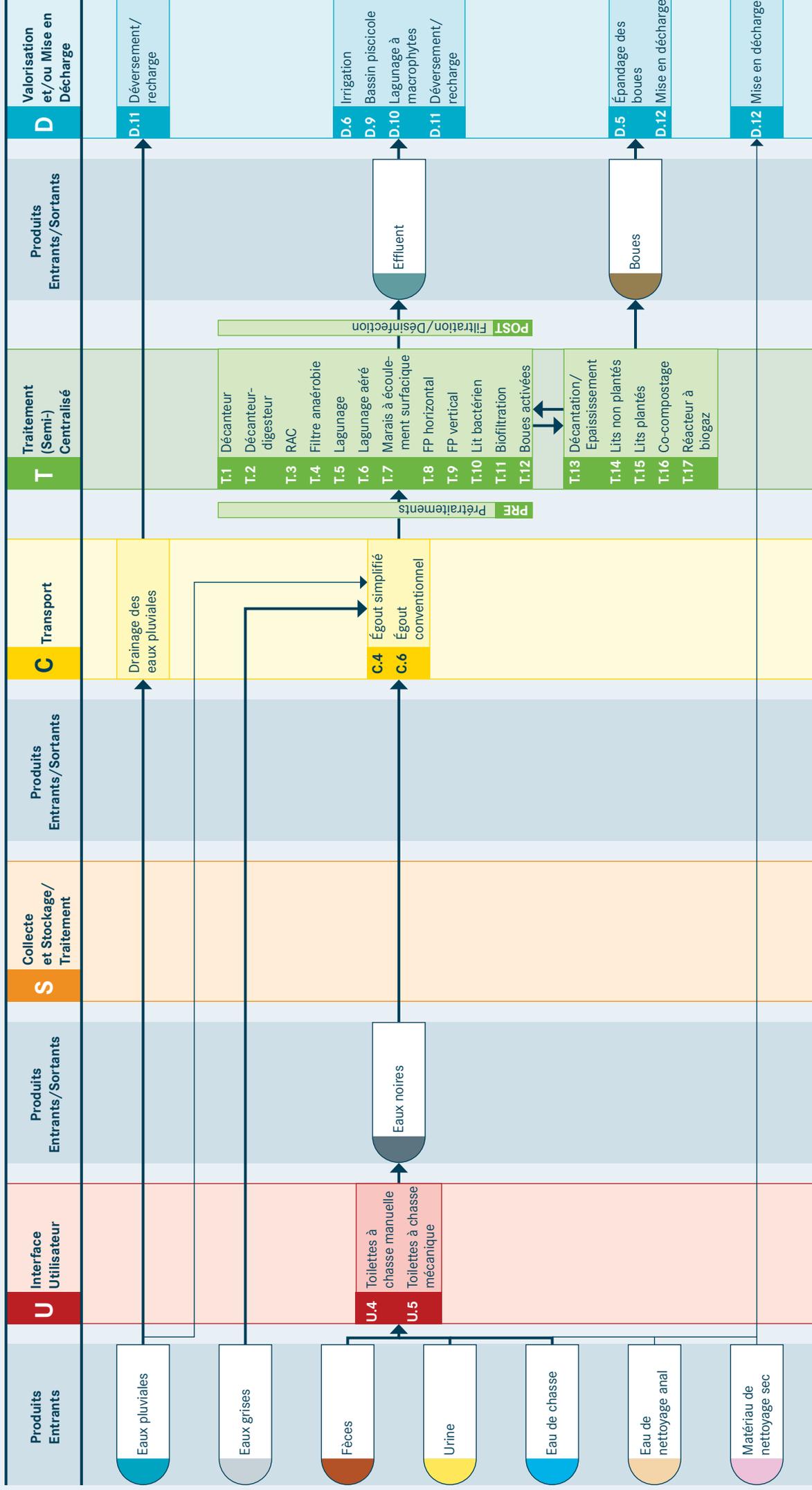
Le succès de ce système dépend de la détermination de l'utilisateur à utiliser et maintenir correctement le réseau d'égout. Une personne ou une organisation peut être désignée comme responsable au nom des autres. Il implique l'existence d'une possibilité économiquement abordable et systématique pour la vidange des fosses, car une fosse mal entretenue par un utilisateur peut avoir des conséquences négatives sur le réseau d'égout tout entier. En outre, il est important d'avoir une station de traitement fonctionnant bien et entretenue correctement. Dans certains cas, cela sera géré au niveau municipal ou régional. Dans le cas d'une solution plus locale et à petite échelle (par exemple, un filtre planté), les responsabilités de l'exploitation et de l'entretien peuvent aussi être organisées au niveau communautaire.

Ce système avec eau convient aux produits entrants tels que l'eau de nettoyage anal, et puisque les solides sont déposés et digérés sur place, les matériaux de nettoyage sec facilement dégradables peuvent être utilisés. En revanche, les matériaux rigides ou non dégradables (tels que les feuilles ou les chiffons) peuvent obstruer le système et entraîner des problèmes de vidange ; par conséquent, ils ne doivent pas être utilisés. Au cas où les matériaux de nettoyage sec sont collectés séparément à partir de toilettes à chasse, ils doivent être évacués de façon appropriée (mise en décharge, par exemple, D.12).

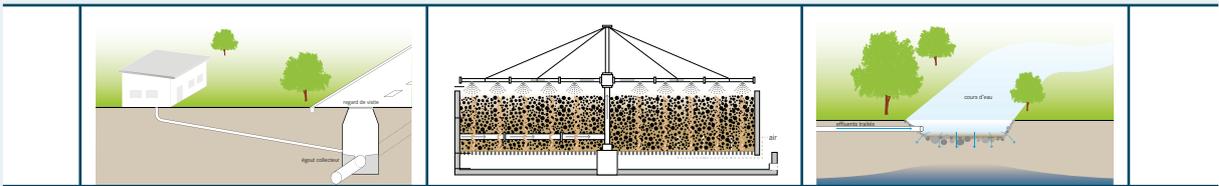
Avec le transport hors site de l'effluent vers un site (semi-) centralisé de traitement, l'investissement pour ce genre de système est considérable. L'installation de la technologie de collecte et de stockage/traitement in situ peut être coûteuse, mais la conception et l'installation d'un égout simplifié ou simplifié décanté seront considérablement moins chères que celles d'un réseau d'égout conventionnel. La station de traitement centralisée sera elle-même est également un important facteur de coût, en particulier s'il n'y a aucune station déjà existante à laquelle le réseau puisse être connecté.

Des recommandations pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères ont été publiées par l'Organisation Mondiale de la Santé et sont référencées dans les fiches d'information technologique concernées.

Système 8 : Système avec transport des eaux noires vers un traitement (semi-)centralisé



Système 8 : Système avec transport des eaux noires vers un traitement (semi-)centralisé



C'est un réseau d'égouts avec eau dans lequel les eaux noires sont transportées vers un site de traitement centralisé ou semi-centralisé. La caractéristique importante de ce système est qu'il ne comprend pas de collecte et stockage/traitement. Les produits entrant dans ce système incluent les fèces, l'urine, l'eau de chasse, l'eau de nettoyage anal, les matériaux de nettoyage sec, les eaux grises et éventuellement, les eaux pluviales.

Il y a deux technologies d'interface utilisateur qui peuvent être employées pour ce système : une toilette à chasse manuelle (U.4) ou une toilette à chasse mécanique (U.5). Un urinoir (U.3) peut aussi être utilisé. Les eaux noires produites à l'interface utilisateur et les eaux grises sont directement transportées vers un système de traitement (semi-) centralisé par un réseau d'égout simplifié (C.4) ou conventionnel gravitaire (C.6).

Les eaux pluviales peuvent également être envoyées vers le réseau d'égouts gravitaires, mais cela diluera les eaux usées et nécessitera des débordements d'eaux pluviales. C'est pourquoi la rétention et l'infiltration locales des eaux pluviales ou un système séparé pour ce type d'eaux sont recommandés.

Comme il n'y a pas de collecte, ni de stockage/traitement, toutes les eaux noires sont transportées vers un site de traitement (semi-) centralisé. L'inclusion des eaux grises dans la technologie de transport aide à empêcher des accumulations de solides dans les égouts.

Une combinaison des technologies T.1 à T.12 est nécessaire pour le traitement des eaux noires transportées. Les boues issues de ces technologies doivent subir un traitement supplémentaire dans une station de traitement des boues dédiée (T.13 à T.17), avant d'être utilisées et/ou évacuées.

Les options de valorisation des effluents traités comprennent l'irrigation (D.6), les étangs piscicoles (D.9), les lagunes à macrophytes (D.10) ou le déversement au cours d'eau / recharge de nappe souterraine, D.11). Après un traitement approprié, les boues peuvent être soit utilisées dans l'agriculture (D.5), soit envoyées vers un site de stockage (mise en décharge) (D.12).

Facteurs à prendre en considération Ce système convient particulièrement bien aux environnements denses, périurbains et urbains, lorsqu'il existe peu ou pas de place pour des technologies de stockage sur site ou les vidanges. Le système n'est pas adapté aux zones rurales, où la densité de logements est faible. Le réseau d'égouts étant peu profond et (dans l'idéal) étanche, il est également

applicable dans les zones où la surface libre de la nappe est élevée. L'eau doit être fournie en permanence afin que les égouts ne se bouchent pas.

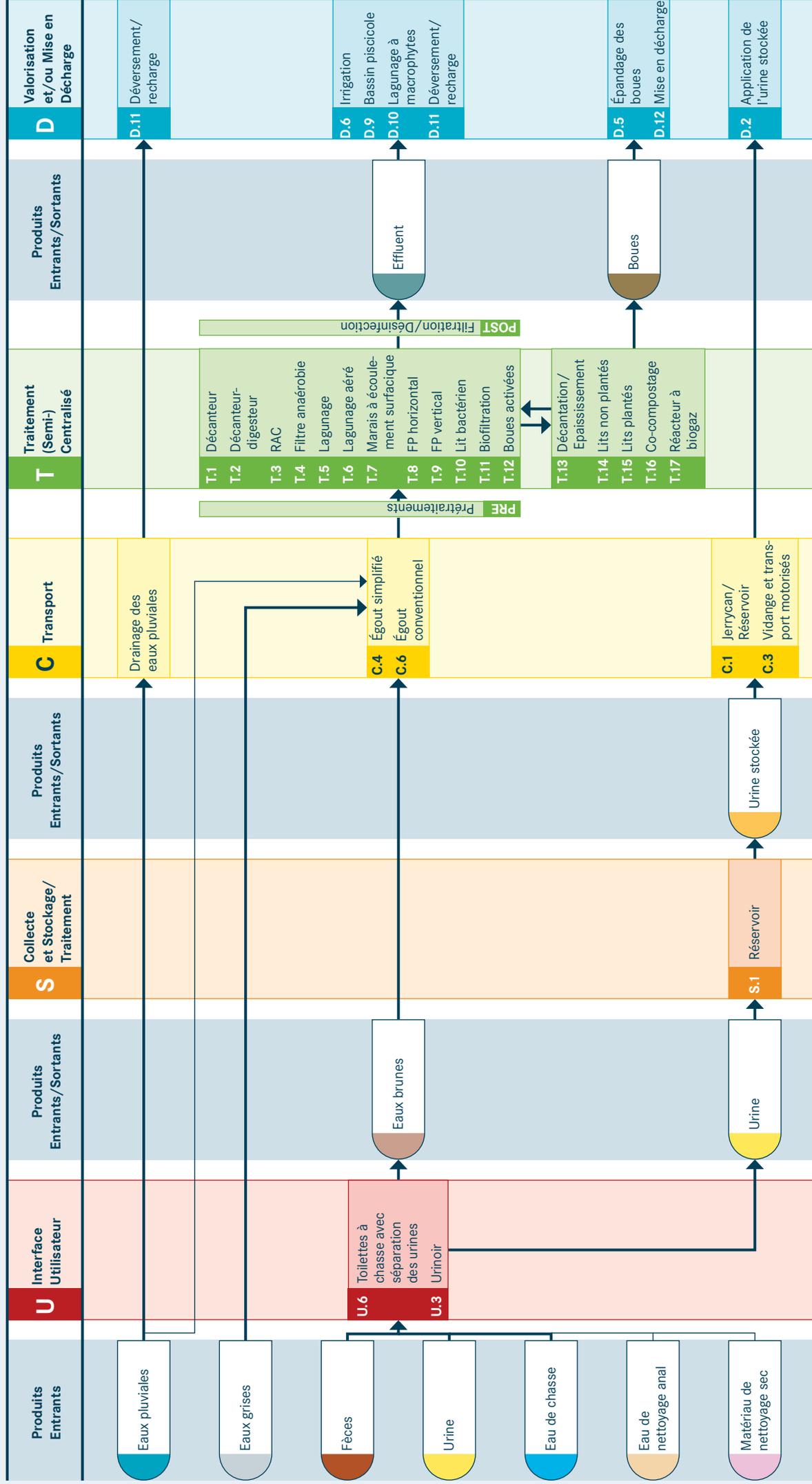
Les matériaux de nettoyage sec peuvent être pris en charge par le système, ou être collectés et évacués séparément (par exemple, mise en décharge, D.12).

L'investissement de capitaux pour ce système peut être très élevé. Les égouts gravitaires requièrent une importante excavation et une installation lourde, qui sont coûteuses, tandis que les égouts simplifiés sont généralement moins chers si les conditions du site permettent une conception de type condominiale. Il peut être demandé aux utilisateurs de payer des taxes pour le système et son entretien. Selon le type d'égout et la structure de gestion (simplifié ou gravitaire, municipal ou communautaire), il y aura divers degrés de responsabilités en matière d'exploitation ou d'entretien pour les propriétaires de maison.

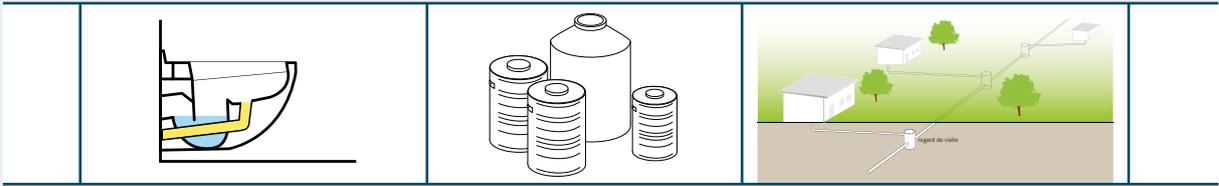
Ce système est bien adapté lorsqu'il existe une volonté et une capacité élevées de payer pour l'investissement et les coûts d'entretien, de même qu'une station de traitement préexistante pouvant recevoir un flux supplémentaire.

Des recommandations pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères ont été publiées par l'Organisation Mondiale de la Santé et sont référencées dans les fiches d'information technologique concernées.

Système 9 : Système avec séparation des urines et réseau d'égout



Système 9 : Système avec séparation des urines et réseau d'égout



C'est un réseau d'égout avec eau qui exige une toilette à chasse avec séparation des urines (UDFT). Ces toilettes sont une interface utilisateur spéciale qui permet la séparation et la collecte d'urine sans eau, mais qui emploie de l'eau pour rincer et évacuer les fèces. Les produits entrant dans le système sont les fèces, de l'urine, de l'eau de chasse, de l'eau de nettoyage anal, des matériaux de nettoyage sec, des eaux grises et éventuellement, des eaux pluviales. La principale technologie d'interface utilisateur est une toilette UDFT (U.6). Un urinoir (U.3) peut également être installé pour la collecte efficace de l'urine. Les eaux brunes et l'urine sont séparées à l'interface utilisateur. Les eaux brunes évitent la technologie de collecte et stockage/traitement et sont acheminées directement à un site de traitement (semi-) centralisé, par un réseau d'égouts simplifiés (C.4) ou conventionnels gravitaires (C.6). Les eaux grises sont également transportées dans l'égout et ne sont pas traitées séparément.

Les eaux pluviales peuvent également être envoyées vers le réseau d'égouts gravitaires, mais cela diluera les eaux usées et nécessitera des déversoirs d'eaux pluviales. C'est pourquoi la rétention et l'infiltration locales des eaux pluviales ou un système séparé pour ce type d'eaux sont recommandés.

L'urine séparée à l'interface utilisateur est collectée dans un réservoir de stockage (S.1). L'urine stockée peut être manipulée aisément et sans risque important, car elle est presque stérile. Grâce à sa forte teneur en nutriments, elle peut tenir lieu de bon engrais liquide. Elle peut être transportée pour une application dans l'agriculture (D.2), par un jerrycan ou dans un réservoir (C.1), ou par une technologie de vidange et transport motorisés (C.3) - de la même façon que l'eau ou les boues sont transportées vers les champs.

Les eaux brunes sont traitées dans une station de traitement (semi-)centralisé à l'aide d'une combinaison des technologies T.1 à T.12. Les boues issues de ces technologies doivent subir un traitement supplémentaire dans une station de traitement des boues dédiée (T.13 à T.17), avant d'être valorisées et/ou stockées. Les options de valorisation des effluents traités comprennent l'irrigation (D.6), les étangs piscicoles (D.9), les lagunes à macrophytes (D.10) ou le déversement au cours d'eau / recharge de nappe souterraine (D.11). Après un traitement approprié, les boues peuvent être soit utilisées dans l'agriculture (D.5), soit envoyées vers un site de stockage (mise en décharge) (D.12).

Facteurs à prendre en considération Ce système n'est approprié que lorsqu'il est nécessaire de séparer l'urine et/ou si l'on cherche à limiter la consommation d'eau à l'aide d'une toilette UDFT à débit d'eau restreint (mais le système nécessitera quand même une source d'eau constante). Il peut également être avantageux pour la station de traitement si elle est surchargée en temps normal ; la charge réduite en nutriments (absence d'urine) pourrait optimiser le traitement. Mais si la station est sous-chargée (surdimensionnement à la conception), ce système pourrait aggraver le problème. Selon le type d'égout utilisé, ce système peut être adapté pour des zones urbaines et périurbaines denses. Il n'est pas adapté aux zones rurales, où la densité de logements est faible. Le réseau d'égouts étant dans l'idéal étanche, il est également applicable dans les zones où la surface libre de la nappe est élevée.

Les matériaux de nettoyage sec peuvent être pris en charge par le système, ou être collectés et évacués séparément (par exemple, mise en décharge, D.12).

Les toilettes UDFT ne sont pas courantes et les coûts d'investissement de ce système peuvent être élevés. Cela est partiellement dû au fait qu'il y a une concurrence limitée sur le marché de l'interface utilisateur et parce qu'un travail de haute qualité est nécessaire pour la réalisation du système de double plomberie. Les égouts gravitaires requièrent une importante excavation et une installation lourde, qui sont coûteuses, tandis que les égouts simplifiés sont généralement moins chers si les conditions du site permettent une conception de type condominiale. Il peut être demandé aux utilisateurs de payer des taxes pour le système et son entretien. Selon le type d'égout et la structure de gestion (simplifié ou gravitaire, municipale ou communautaire), il y aura divers degrés de responsabilités en matière d'exploitation ou d'entretien pour les propriétaires de maison .

Ce système est bien adapté lorsqu'il existe une volonté et une capacité élevées de payer pour l'investissement et les coûts d'entretien, de même qu'une station de traitement préexistante pouvant recevoir un flux supplémentaire.

Des recommandations pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excreta et des eaux ménagères ont été publiées par l'Organisation Mondiale de la Santé et sont référencées dans les fiches d'information technologique concernées.

Partie 2. Technologies des groupes fonctionnels

La seconde partie du Compendium offre une vue d'ensemble des différentes technologies d'assainissement contenues dans chaque groupe fonctionnel et explique comment elles fonctionnent, où elles peuvent être utilisées et quels sont leurs avantages et leurs inconvénients.

Pour chaque technologie décrite dans les systèmes types, on trouvera une **fiche d'information**, qui comprend une illustration, un résumé de la technologie concernée et une discussion de ses applications et limites. Le mode de lecture de ces fiches est expliqué dans les deux pages suivantes.

La description de ces technologies sur une double page ne vise pas à fournir un manuel de conception, ni une référence technologique ; elle constitue plutôt un point de départ en vue d'une conception plus détaillée. En outre, les descriptions technologiques doivent servir de source d'inspiration et de discussion pour les ingénieurs et les urbanistes, qui pourraient ne pas avoir auparavant envisagé toutes les options faisables.

Les technologies sont disposées et codées par couleur en fonction du groupe fonctionnel auquel elles sont associées :

- U** **Interface avec l'utilisateur** (technologies U.1–U.6) : en rouge
- S** **Collecte et stockage/traitement** (technologies S.1–S.12) : en orange
- C** **Transport** (technologies C.1–C.7) : en jaune
- T** **Traitement (semi-)centralisé** (technologies PRE, T.1–T.17, POST) : en vert
- D** **Valorisation et/ou mise en décharge** (technologies D.1–D.13) : en bleu

Chaque technologie d'un groupe fonctionnel se voit affecter un code de référence composé d'une lettre et d'un chiffre ; la lettre correspond à son groupe fonctionnel (par exemple, U pour « interface utilisateur », et le chiffre, du plus petit au plus grand, indique approximativement son niveau d'exigence en termes de ressources (par exemple, économiques, matérielles et humaines) par rapport aux autres technologies du même groupe.

Le dernier chapitre présente les nouvelles technologies émergentes, qui sont prometteuses en termes d'application future, bien qu'elles soient encore en cours de développement et de test.

Lire les fiches d'information sur les technologies

La figure ci-dessous fournit un exemple de zone de titre d'une fiche d'information.

S.8		Chambre de compostage		Applicable au : système 2	
Niveau d'application		Niveau de gestion		Produits entrants :	
<input checked="" type="checkbox"/> ★★ Ménages 3 <input checked="" type="checkbox"/> ★ Voisinage <input type="checkbox"/> Ville		<input checked="" type="checkbox"/> ★★ Ménages 4 <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Partagé <input checked="" type="checkbox"/> ★ Public		<input type="checkbox"/> Excréments <input type="checkbox"/> Fèces <input checked="" type="checkbox"/> Matières organiques 5 (+ <input type="checkbox"/> Matériaux de nettoyage sec)	
				Produits sortants :	
				<input checked="" type="checkbox"/> Compost <input checked="" type="checkbox"/> Effluents 6	

1 Titre avec code couleur, lettre et chiffre. Le code couleur (orange) et la lettre (S) indiquent que la technologie appartient au groupe fonctionnel « Collecte et stockage/traitement » (S). Le chiffre 8 indique qu'il s'agit de la huitième technologie de ce groupe fonctionnel.

Chaque page de description technologique possède un code couleur, une lettre et un chiffre similaires à celui-ci, afin de faciliter l'accès et la vérification de concordance.

2 Applicable au système 2. Cela indique dans quel modèle de système la technologie peut être trouvée. Dans le cas présent, la chambre de compostage peut être trouvée (uniquement) dans le système 2. D'autres technologies peuvent être applicables à un ou plusieurs systèmes.

3 Niveau d'application. Cette catégorie comprend trois niveaux :

- « *Ménages* » signifie que la technologie est appropriée pour un ou plusieurs ménages.
- « *Voisinage* » signifie que la technologie convient à un nombre compris entre plusieurs et des centaines de ménages.
- « *Ville* » signifie que la technologie est appropriée à l'échelle de la ville (une unité pour toute la ville, ou plusieurs unités pour différentes parties de la ville).

Des étoiles sont utilisées pour indiquer le degré d'adéquation entre chaque niveau et une technologie donnée :

- *Deux étoiles* : technologie appropriée
- *Une étoile* : technologie moins appropriée
- *Aucune étoile* : technologie inappropriée

Il revient à l'utilisateur du Compendium de décider quel est le niveau approprié aux situations spécifiques sur lesquelles il/elle travaille.

Le niveau d'application constitue uniquement une première estimation, à utiliser au stade préliminaire de la planification.

Les technologies du groupe fonctionnel « interface utilisateur » n'ont pas de niveau d'application, car elles desservent un nombre limité de personnes.

4 Niveau de gestion (ou niveau d'exploitation). Il décrit le style organisationnel le plus adapté à l'exploitation et à la maintenance d'une technologie donnée :

- « *Ménages* » signifie que le ménage, par exemple la famille, est responsable de toute l'exploitation et de la maintenance
- « *Partagé* » signifie qu'un groupe d'utilisateurs (exemple une école, des vendeurs de marché, une organisation communautaire) assure l'exploitation, en nommant une personne ou un comité qui sera responsable au nom de tous les utilisateurs. Les installations partagées se définissent par le fait que la communauté des utilisateurs décide qui est autorisé à utiliser l'installation et quelles sont leurs responsabilités ; c'est un groupe auto-défini d'utilisateurs.
- « *Public* » indique qu'une institution ou les autorités publiques exploitent l'installation. Tous les aspects de l'exploitation sont pris en charge par l'agence exploitant l'installation. En général, seuls les utilisateurs payant le service ont le droit d'utiliser les installations publiques.

La chambre de compostage, dans cet exemple, peut être gérée aux trois niveaux, bien qu'elle convienne moins à des installations publiques.

Les technologies du groupe fonctionnel « interface utilisateur » n'ont pas de niveau de gestion, puisque l'entretien dépend des technologies avales, et non simplement de l'interface utilisateur.

5 Produits entrants. Renvoie aux produits passant à travers une technologie donnée.

Les produits indiqués **sans parenthèse** sont ceux qui passent habituellement par cette technologie. Pour certaines d'entre elles, les produits sont des alternatives ou des possibilités, qui ne sont pas toutes nécessaires ensemble. C'est pourquoi les produits sans parenthèse représentent les *produits obligatoires* ou *le choix des principaux produits obligatoires*.

Tandis que les produits **entre parenthèses ()** sont *des produits supplémentaires (optionnels)*, qui peuvent ne pas être utilisés comme produits entrants, selon la conception du système ou le contexte.

Lorsqu'un produit est mélangé à un autre, le graphique mentionne un « plus » (+). Le produit suivant le « + » est mélangé au(x) produit(s) précédent(s). En d'autres termes, cela signifie que les produits se trouvant de chaque côté du « + » entrent dans la technologie en question et sont mélangés ensemble.

Dans notre exemple, les excréments ou fèces (si un UDDT est utilisé comme interface utilisateur), et des composés organiques sont les principaux produits pouvant être traités dans la chambre de compostage. Les matériaux de nettoyage sec peuvent aussi y entrer (les parenthèses indiquent

qu'il s'agit d'un produit entrant supplémentaire, au cas où les usagers en utilisent et que ces matériaux soient biodégradables). Ils ne sont pas séparés des excréments ou des fèces au niveau de l'interface et par conséquent, entrent dans la chambre de compostage avec les produits précédents (ce qu'indique le « + »). L'eau de nettoyage anal *ne doit pas* être déversée dans la chambre de compostage ; c'est pourquoi elle ne figure pas dans la liste.

6 Produits sortants. Renvoie aux produits sortant d'une technologie donnée.

Les produits indiqués **sans parenthèse** sont ceux qui sortent habituellement de cette technologie.

Tandis que les produits **entre parenthèses ()** sont des produits supplémentaires (optionnels), qui peuvent être ou non des produits sortants, selon la conception du système ou le contexte.

Lorsqu'un produit est mélangé à un autre, le graphique mentionne un « plus » (+). Le produit suivant le « + » est mélangé au(x) produit(s) précédent(s). En d'autres termes, cela signifie que les produits se trouvant de chaque côté du « + » sortent de la technologie en question sous une forme mélangée.

Dans cet exemple, la chambre de compostage produit deux produits sortants : le compost et l'effluent (le lixiviat).

Ce chapitre décrit les technologies avec lesquelles l'utilisateur interagit, c'est-à-dire le type de toilettes, dalle, siège ou urinoir utilisé par l'utilisateur. L'interface utilisateur doit garantir que les excréments humains sont écartés du contact humain de façon hygiénique, afin d'éviter toute exposition à une contamination par les matières fécales. Il existe deux grands types d'interface : les technologies sèches qui fonctionnent sans eau (U.1-U.3), et les technologies à base d'eau, qui nécessitent un apport d'eau régulier pour fonctionner correctement (U.4-U.6). Les différentes technologies d'interface génèrent des produits sortants différents. Ce point influe sur le type de technologie aval, de collecte et de stockage/traitement, et de transport.

U.1 Toilettes sèches

U.2 Toilettes sèches à séparation des urines (UDDT)

U.3 Urinoir

U.4 Toilettes à chasse manuelle

U.5 Toilettes à chasse mécanique

U.6 Toilettes à chasse avec séparation des urines

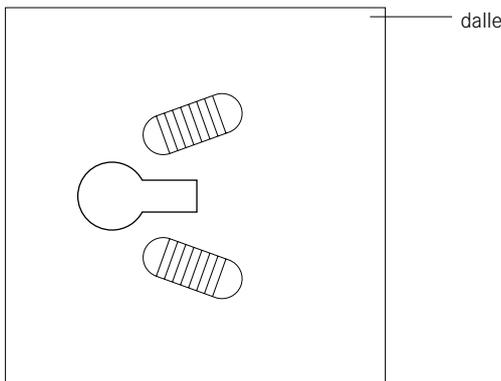
Quel que soit le contexte, le choix de la technologie dépend en général des facteurs suivants :

- Disponibilité de l'eau pour la chasse
- Habitudes et préférences des usagers (position assise ou accroupie, utilisation d'eau ou de matériaux secs pour le nettoyage)
- Besoins spéciaux de groupes d'utilisateurs
- Disponibilité locale des matériaux
- Compatibilité avec la technologie aval (collecte et stockage/traitement, transport)

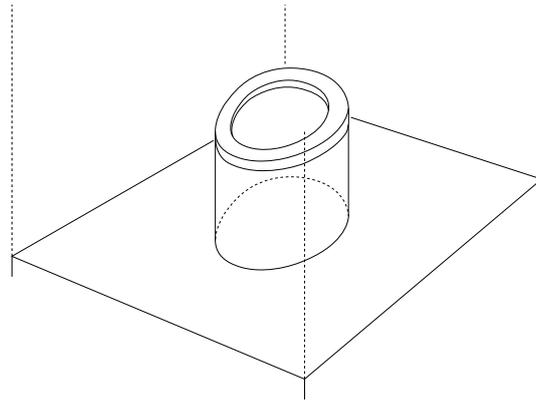


Produits entrants : Fèces (orange) Urine (jaune) (Eau de nettoyage anal) (bleu) (Matériaux de nettoyage sec) (rose)

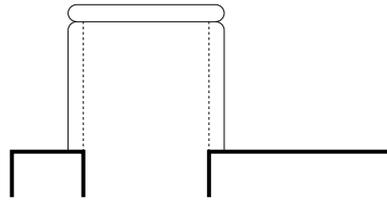
Produits sortants : Excréments (orange) (+ Eau de nettoyage anal) (bleu) (+ Matériaux de nettoyage sec) (rose)



option 1



option 2



Une toilette sèche est une toilette qui fonctionne sans eau de chasse. La toilette sèche peut être un siège sur lequel l'utilisateur peut s'asseoir, ou une dalle au-dessus de laquelle l'utilisateur s'accroupit. Dans les deux cas, les excréments (urine et fèces) tombent à travers un trou.

Dans ce compendium, une toilette sèche réfère spécifiquement à un dispositif sur lequel l'utilisateur s'assoit ou s'accroupit. Dans d'autres publications, une toilette sèche peut se rapporter à une variété de technologies ou à des combinaisons de technologies (particulièrement des fosses).

Éléments à prendre en compte pour la conception La toilette sèche est habituellement placée au-dessus d'une fosse ; dans le cas de deux fosses, la dalle ou le siège doivent être conçus de manière à pouvoir être soulevés et déplacés d'une fosse à l'autre.

La taille de la base du siège ou de la dalle doit être adaptée à la fosse, de sorte à assurer une sécurité pour l'utilisateur et empêcher l'infiltration d'eaux pluviales (qui peuvent la faire déborder). Le trou peut être fermé à l'aide d'un tampon pour empêcher l'intrusion d'insectes ou de rongeurs.

Les dalles et les sièges peuvent être produites localement, en utilisant du béton (à condition que du sable et du ciment soient disponibles).

Des modèles en fibre de verre, en porcelaine et en acier inoxydable peuvent aussi exister. Pour produire plusieurs unités de façon rapide et efficace, on peut utiliser des moules de bois ou de métal.

Adéquation Les toilettes sèches sont faciles d'utilisation pour la majorité des personnes, mais il faut parfois prendre en compte les besoins spécifiques des personnes âgées ou handicapées, qui peuvent avoir des difficultés à les utiliser. Quand les toilettes sèches sont faites localement, elles peuvent être conçues pour satisfaire les besoins des utilisateurs cibles (par exemple, de plus petites tailles pour les enfants). Puisqu'il n'y a aucun besoin de séparer l'urine et les fèces, elles sont souvent l'option la plus confortable et la plus naturelle physiquement.

Aspects sanitaires/acceptation La position accroupie étant habituelle pour beaucoup de gens, une dalle bien entretenue peut être l'option la plus acceptable. Puisque les toilettes sèches ne sont pas équipées de siphon, les odeurs peuvent constituer un problème, selon la technologie de collecte et de stockage/traitement à laquelle elles sont reliées.

Exploitation La surface sur laquelle l'utilisateur s'accroupit ou s'assoit doit être maintenue propre et sèche afin d'empêcher la transmission d'agents pathogènes/de maladies et limiter les odeurs.

Il n'y a aucune pièce mécanique si bien que la toilette sèche ne doit pas nécessiter de réparations, sauf au cas où elle se fendrait.

Avantages et inconvénients

- + N'exige pas une source permanente d'eau
- + Peut être construite et réparée avec des matériaux locaux
- + Faible coût d'investissement et d'exploitation
- + Appropriée pour tous types d'utilisateurs (position assise, accroupie, nettoyage anal sans eau ou avec eau)
- Odeurs (même si la chambre ou la fosse utilisée pour collecter les excréments est équipée d'un tuyau de ventilation)
- Le tas d'excréments est visible sauf si la fosse est profonde.
- Les vecteurs tels que les mouches sont difficiles à contrôler, sauf si des pièges à mouche et des couvercles appropriés sont utilisés.

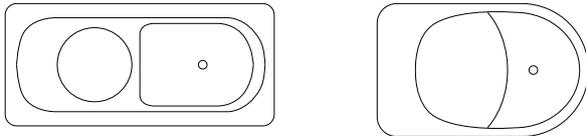
Références et lectures supplémentaires

- Brandberg, B. (1997). *Latrine Building. A Handbook for Implementation of the Sanplat System*. Intermediate Technology Publications, London, UK. pp. 55-77.
(Décrit comment construire une dalle pour toilettes accroupies et les moules nécessaires pour le cadre, les marchepieds, les espacements, etc.)
- CAWST (2011). *Introduction to Low Cost Sanitation. Latrine Construction. A CAWST Construction Manual*. Centre for Affordable Water and Sanitation Technologies (CAWST), Calgary, CA.
Disponible à : www.cawst.org
(Manuel de construction très détaillé sur les différents modèles de dalles)
- Morgan, P. R. (2007). *Toilets That Make Compost. Low-Cost, Sanitary Toilets That Produce Valuable Compost for Crops in an African Context*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Disponible à : www.ecosanres.org
(Excellente description des méthodes de fabrication des buses de soutènement, de dalles de toilettes accroupies (p. 7-35) et de sièges (p. 39-43) à l'aide uniquement de sable, ciment, feuilles de plastique et fils métalliques)
- Morgan, P. R. (2009). *Ecological Toilets. Start Simple and Upgrade from Arborloo to VIP*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Disponible à : www.ecosanres.org
- Reed, B. (2012). *An Engineer's Guide to Latrine Slabs*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.
Disponible à : wedc.lboro.ac.uk/knowledge/booklets.html
(Guide complet comportant des informations de base et des listes de contrôle pour la conception, la construction et la maintenance)

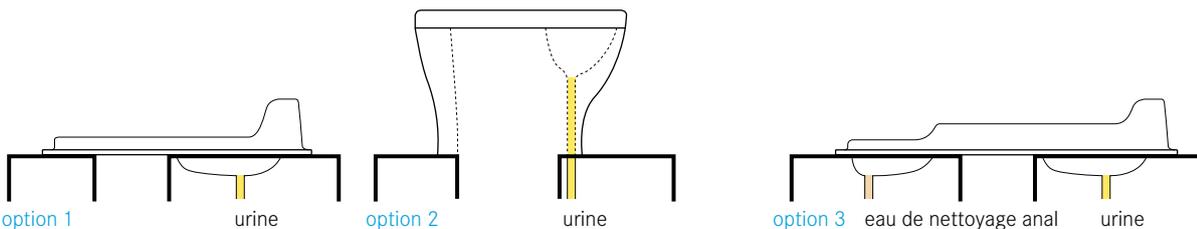
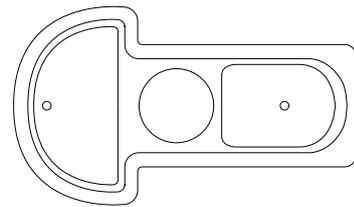
Produits entrants : ● Fèces ● Urine
(● Eau nettoyage anal) (● Matériaux nettoyage sec)

Produits sortants : ● Fèces (+ ● Matériaux de nettoyage sec) ● Urine (● Eau de nettoyage anal)

pour les adeptes de l'essuyage



pour les adeptes du nettoyage à l'eau



Une toilette sèche à séparation d'urine (UDDT) est une toilette qui fonctionne sans eau et possède un séparateur, de sorte que l'utilisateur, très facilement, peut orienter l'urine et les fèces dans des directions différentes.

La toilette UDDT est construite de sorte que l'urine est collectée et drainée depuis la zone avant de la toilette, alors que les fèces chutent à travers un large orifice (trou) à l'arrière. En fonction de la technologie de collecte et de stockage/traitement qui suit, des matériaux secs tels que la chaux, les cendres ou la terre doivent être ajoutés dans le trou après défécation.

Éléments à prendre en compte pour la conception Il est important que les deux sections de la toilette soient bien séparées pour s'assurer que a) les fèces ne tombent pas dans la partie de collecte des urines et ne l'obstruent pas, et b) l'urine n'éclabousse pas la partie sèche de la toilette.

Il y a également des toilettes à séparation comportant 3 compartiments, qui permettent d'envoyer l'eau de nettoyage anal vers un troisième bassin dédié, séparé de la collecte de l'urine et des fèces. Un siège comme une dalle peuvent être utilisées pour séparer l'urine des fèces, selon la préférence de l'utilisateur.

L'urine tend à rouiller la plupart des métaux, qui doivent donc être évités dans la construction et la tuyauterie de ces toilettes. Pour éviter l'entartrage, toutes les connexions (tuyauterie) doivent être aussi courtes que possible ; lorsqu'elles existent, les canalisations doivent être installées avec une pente d'au moins 1%, et si possible, sans angle droit (90°). Un diamètre de 50 mm est suffisant si la pente est forte et la maintenance, aisée. Sinon, leur diamètre doit être large (> 75 mm), en particulier lorsque la pente est faible et l'accès difficile.

Pour empêcher les odeurs de remonter dans les tuyaux, un clapet anti-odeurs doit être installé au point de drainage de l'urine.

Adéquation La toilette UDDT est simple à concevoir et à réaliser en utilisant des matériaux tels que le béton, les treillis métalliques ou le plastique. Elle peut être modifiée pour convenir aux populations spécifiques (plus petite pour les enfants, les personnes qui préfèrent s'accroupir, etc.).

Aspects sanitaires/acceptation La toilette UDDT n'est pas intuitive ou immédiatement évidente pour certains utilisateurs. Au début, ils peuvent être hésitants à l'utiliser, et des erreurs (par exemple, fèces dans la zone de l'urine) peuvent décourager à accepter ce type de toilette. La formation et les projets de démonstration sont

essentiels pour atteindre un bon niveau d'acceptation par les utilisateurs. En vue d'une meilleure acceptation du système et pour éviter que l'urine ne tombe accidentellement dans le bassin de collecte des fèces, la toilette peut être associée à un urinoir (U.3), pour permettre aux hommes d'uriner debout.

Exploitation. Une UDDT est légèrement plus difficile à maintenir propre que d'autres toilettes en raison de la non-utilisation de l'eau et de la nécessité de séparer les fèces de l'urine. Aucune conception ne fonctionne de manière universelle et certains utilisateurs peuvent avoir des difficultés à séparer parfaitement les urines des fèces. Cela peut nécessiter des efforts de nettoyage et d'entretien supplémentaires. Des fèces peuvent être accidentellement déposées dans le compartiment réservé à l'urine, causant des problèmes d'obstruction et de nettoyage. Toutes les surfaces doivent être nettoyées régulièrement pour éviter les odeurs et minimiser la formation de taches. Il ne faut pas verser d'eau dans la toilette pour la nettoyer. Mais un tissu mouillé peut être utilisé pour essuyer le siège et l'intérieur des cuvettes. Certaines toilettes sont facilement démontables et peuvent être nettoyées plus aisément. Il est important que les fèces restent séparées et sèches. Lors du nettoyage à l'eau de la toilette, une attention particulière est nécessaire pour ne pas mélanger cette eau avec les fèces.

L'urine étant collectée séparément, des minéraux et des sels de calcium et de magnésium peuvent précipiter et s'accumuler dans les tuyaux et sur les surfaces lorsque l'urine y stagne. Le rinçage du bassin avec un acide moyen (par exemple, du vinaigre) et/ou de l'eau chaude peut éviter l'accumulation des dépôts de minéraux et l'entartrage. Un acide plus fort (plus de 24 % d'acidité) ou une solution de soude caustique (2 volumes d'eau pour un volume de soude) peuvent être utilisés pour éliminer les bouchons. Cependant, dans certains cas, un retrait manuel est nécessaire.

Le clapet anti-odeurs nécessite également une maintenance occasionnelle. Il est crucial de contrôler régulièrement son fonctionnement.

Avantages et inconvénients

- + N'exige pas de source permanente d'eau
- + Aucun problème réel d'odeurs et de vecteurs (mouches) si la toilette UDDT est utilisée et maintenue correctement
- + Peut être construite et réparée avec des matériaux locaux

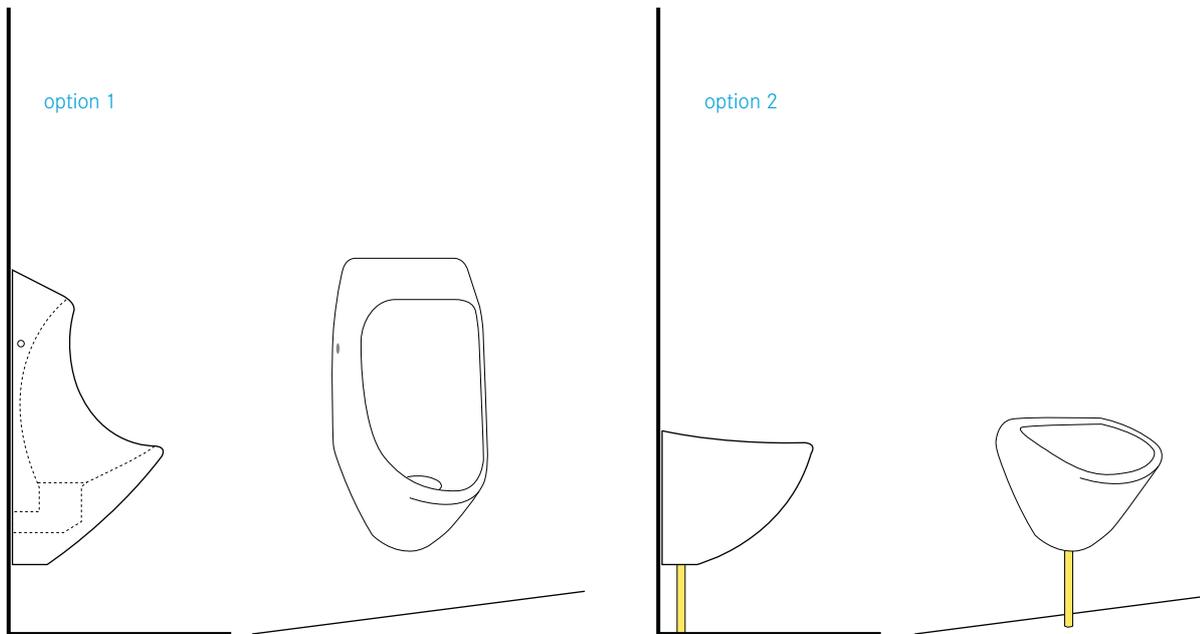
- + Faibles coûts d'investissement et d'exploitation
- + Appropriée pour tous les types d'utilisateurs (position assise, accroupie, nettoyage anal sans ou avec eau)
- Modèles préfabriqués non disponibles partout
- Requiert une formation et de l'acceptation pour être utilisée correctement
- Est encline à mauvaise utilisation et à obstruction par les fèces
- Tas d'excréments visible
- Les hommes réclament en général un urinoir séparé pour une collecte optimale de l'urine

Références et lectures supplémentaires

- Morgan, P. R. (2007). *Toilets That Make Compost. Low-Cost, Sanitary Toilets That Produce Valuable Compost for Crops in an African Context*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Disponible à : www.ecosanres.org
(Contient des instructions étape par étape pour la construction de toilettes UDDT avec un seau en plastique et de dalles à séparation d'urine en position accroupie)
- Morgan, P. R. (2009). *Ecological Toilets. Start Simple and Upgrade from Arborloo to VIP*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Disponible à : www.ecosanres.org
- von Münch, E. and Winker, M. (2011). *Technology Review of Urine Diversion Components. Overview of Urine Diversion Components Such as Waterless Urinals, Urine Diversion Toilets, Urine Storage and Reuse Systems*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
Disponible à : www.susana.org/library
- NWP (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of Innovative, Low-Cost Technologies for Toilets, Collection, Transportation, Treatment and Use of Sanitation Products*. Netherlands Water Partnership, The Hague, NL.
Disponible à : www.ircwash.org
- Rieck, C., von Münch, E. and Hoffmann, H. (2012). *Technology Review of Urine-Diverting Dry Toilets (UDDTs). Overview of Design, Operation, Management and Costs*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
Disponible à : www.susana.org/library
- Winblad, U. and Simpson-Hébert, M. (Eds.) (2004). *Ecological Sanitation. Revised and Enlarged Edition*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Disponible à : www.ecosanres.org

Produits entrants :  Urine  Eau de chasse

Produits sortants :  Urine (+  Eau de chasse)



Un urinoir est uniquement utilisé pour collecter de l'urine. Les urinoirs sont généralement faits pour les hommes, bien que des urinoirs pour femmes aient été également développés. La plupart des urinoirs utilisent des chasses d'eau mais les urinoirs sans eau deviennent de plus en plus populaires.

Les urinoirs pour femmes se composent de marchepieds surélevés et d'un canal incliné ou un bassin de récupération pour conduire l'urine à une technologie de collecte. Pour les hommes, les urinoirs peuvent être des unités verticales fixées au mur ou des bidets au-dessus desquelles l'utilisateur s'accroupit. L'urinoir peut être utilisé avec ou sans eau et la tuyauterie doit être développée en conséquence. En cas d'utilisation d'eau, celle-ci l'est principalement pour le nettoyage et la limitation des odeurs (par un siphon).

Éléments à prendre en compte pour la conception Dans le cas des urinoirs à chasse, la consommation d'eau par rinçage est comprise entre moins de 2 litres pour les modèles actuels et près de 20 litres pour les modèles anciens (dépassés). Les technologies sans eau ou économes en eau doivent être préférées. Pour minimiser les odeurs et la perte d'azote dans les urinoirs simples sans eau, la canalisation de collecte doit être plongée dans le réservoir à urine pour permettre une étanchéité à l'air.

Des urinoirs secs existent dans une gamme de modèles de complexités différentes. Certains urinoirs sont équipés d'un clapet anti-odeurs avec fermeture mécanique, par une membrane ou un liquide d'isolement.

En ajoutant une petite cible, ou une mouche peinte près de l'orifice, la quantité d'éclaboussures peut être réduite ; ce type d'incitation pour l'utilisateur peut aider à améliorer la propreté de l'urinoir. Puisque l'urinoir est exclusivement destiné à l'urine, il est important de disposer également d'une autre toilette pour la défécation.

Adéquation Les urinoirs peuvent être utilisés à domicile ainsi que dans les toilettes publiques. Dans certains cas, l'installation d'un urinoir est utile pour éviter le mauvais usage de systèmes secs (UDDT, U.2).

Des urinoirs secs mobiles ont été développés pour les grands festivals, concerts et autres rassemblements afin d'améliorer les équipements d'assainissement sur site et réduire la charge d'eaux usées sur le lieu. De cette façon, un grand volume d'urine peut être collecté (et utilisé ou évacué à un endroit ou à un moment plus approprié), et les autres toilettes peuvent être prévues en nombre réduit ou utilisées plus efficacement.

Aspects sanitaires/acceptation L'urinoir est une interface utilisateur confortable et facilement acceptée. Bien que simple de conception et de construction, il peut avoir un grand impact sur le bien-être d'une communauté. Quand les hommes ont accès à un urinoir, cela peut les encourager à s'abstenir d'uriner en public ; ce qui réduit les odeurs indésirables et permet aux femmes de se sentir plus à l'aise. Les hommes ont accepté en général l'urinoir sans eau, puisqu'il ne réclame aucun changement de comportement.

Exploitation L'entretien est simple, mais doit être fait fréquemment, en particulier dans le cas des urinoirs secs. Toutes les surfaces doivent être nettoyées régulièrement (siège, dalle et murs) pour éviter les odeurs et minimiser la formation de taches.

Dans les urinoirs secs, des minéraux et des sels de calcium et de magnésium peuvent précipiter et s'accumuler dans les tuyaux et sur les surfaces lorsque l'urine est constamment présente. Le rinçage de la cuvette avec un acide moyen (par exemple, du vinaigre) et/ou de l'eau chaude peut éviter l'accumulation des dépôts de minéraux et l'entartrage. Un acide plus fort (plus de 24 % d'acidité) ou une solution de soude caustique (2 volumes d'eau pour un volume de soude) peuvent être utilisés pour éliminer les bouchons. Cependant, dans certains cas, un retrait manuel est nécessaire.

Dans le cas des urinoirs secs, il est capital de contrôler régulièrement le fonctionnement du clapet anti-odeurs.

Avantages et inconvénients

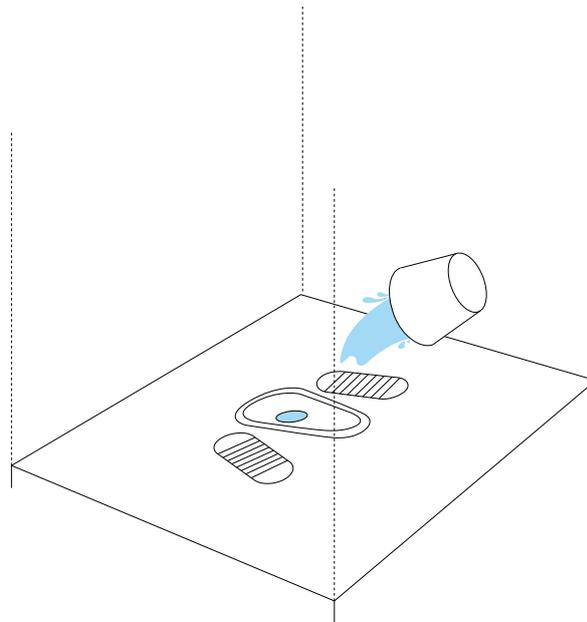
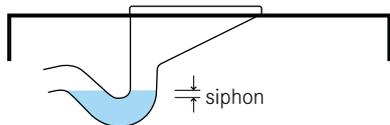
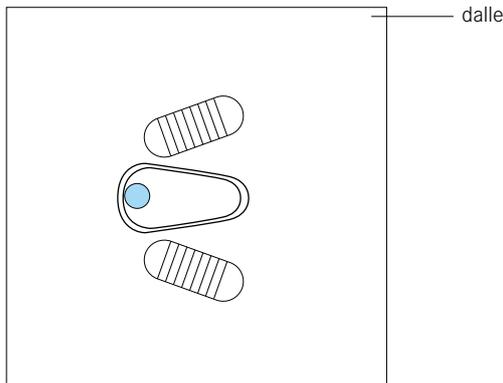
- + Les urinoirs sans eau n'exigent pas de source permanente d'eau
- + Peut être construit et réparé avec des matériaux locaux
- + Faible coût d'investissement et d'exploitation
- Des problèmes d'odeurs peuvent survenir s'il n'est pas utilisé et maintenu correctement.
- Les modèles pour femmes ne sont pas répandus

Références et lectures supplémentaires

- Austin, A. and Duncker, L. (2002). *Urine-Diversion. Ecological Sanitation Systems in South Africa*. CSIR, Pretoria, ZA. (Instructions permettant de concevoir un urinoir simple avec un réservoir de plastique de 5 L)
- von Münch, E. and Dahm, P. (2009). *Waterless Urinals: A Proposal to Save Water and Recover Urine Nutrients in Africa*. 34th WEDC International Conference. Addis Ababa, ET. Disponible à : wedc-knowledge.lboro.ac.uk
- von Münch, E. and Winker, M. (2011). *Technology Review of Urine Diversion Components. Overview of Urine Diversion Components Such as Waterless Urinals, Urine Diversion Toilets, Urine Storage and Reuse Systems*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE. Disponible à : www.susana.org/library
- NWP (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of Innovative, Low-Cost Technologies for Toilets, Collection, Transportation, Treatment and Use of Sanitation Products*. Netherlands Water Partnership, The Hague, NL. Disponible à : www.ircwash.org

Produits entrants :  Urine  Fèces  Eau de chasse  Eau de nettoyage anal  Matériaux de nettoyage sec

Produits sortants :  Eaux noires



Une toilette à chasse manuelle est semblable à une toilette à chasse mécanique à la différence que l'eau est versée manuellement par l'utilisateur et ne provient pas d'un réservoir situé au-dessus. Quand l'adduction en eau est discontinuée toute toilette à chasse mécanique peut devenir une toilette à chasse manuelle.

Comme dans le cas d'une toilette à chasse mécanique, les toilettes à chasse manuelle possèdent un siphon qui empêche la remontée des odeurs et des mouches en provenance de la conduite.

L'eau est versée dans la cuvette pour évacuer les excréments de la toilette ; 2 à 3 litres à peu-près sont habituellement suffisants. La quantité et la force de l'eau (versée depuis une certaine hauteur) sont suffisantes pour évacuer les excréments à travers le siphon.

Les sièges tout comme les dalles à position accroupie peuvent être utilisées pour des toilettes à chasse manuelle. En raison de la demande, les fabricants locaux sont devenus de plus en plus efficaces dans la production de toilettes et de sièges à chasse manuelle.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Le siphon au fond de la toilette doit avoir une pente d'au moins 25°. Il doit être en plastique ou en céramique pour éviter les bouchons et faciliter le nettoyage (le

béton peut obstruer plus facilement s'il est rugueux ou texturé).

La forme en S du siphon détermine la quantité d'eau nécessaire pour le rinçage. La hauteur d'eau optimale dans le siphon est approximativement de 2 cm pour minimiser l'eau nécessaire pour chasser les excréments. Le siphon doit avoir un diamètre d'environ 7 cm .

Adéquation. Les toilettes à chasse manuelle sont appropriées aux utilisateurs qui s'assoient ou s'accroupissent (siège ou dalle) aussi bien qu'à ceux qui se nettoient avec de l'eau. Cependant, elles ne conviennent que lorsqu'il y a un approvisionnement stable en eau. Elles requièrent (beaucoup) moins d'eau qu'une toilette à chasse mécanique . Mais parce qu'elle utilise peu d'eau, la toilette à chasse manuelle peut s'obstruer plus facilement et ainsi, nécessiter plus d'entretien.

Si l'eau est disponible, ce type de toilette est approprié pour les lieux publics et privés.

Aspects sanitaires/acceptation La toilette à chasse manuelle évite aux utilisateurs de voir ou de sentir les excréments des utilisateurs précédents. Ainsi, elle est généralement bien acceptée. Sous réserve que le siphon fonctionne bien, il ne doit pas y avoir d'odeur et la toilette est propre et confortable à utiliser.

Exploitation. Puisqu'il n'y a aucune pièce mécanique, les toilettes à chasse manuelle sont plutôt robustes et nécessitent rarement des réparations. Malgré l'utilisation continue d'eau dans la toilette, elle doit être nettoyée régulièrement pour maintenir son caractère hygiénique et éviter la formation de taches. Pour réduire les besoins en eau de chasse et éviter l'obstruction, il est recommandé de collecter séparément les matériaux de nettoyage sec et les produits d'hygiène menstruelle et de ne pas les jeter dans les toilettes.

Avantages et inconvénients

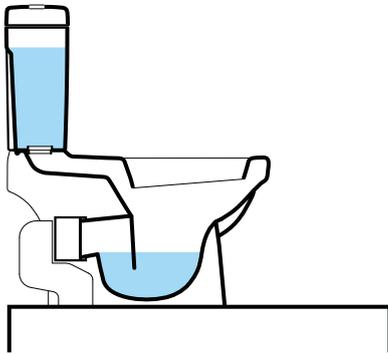
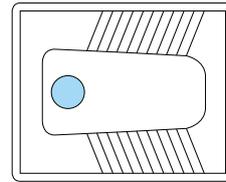
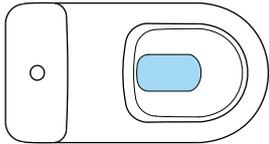
- + Le siphon empêche efficacement les remontées d'odeurs
- + Les excréments d'un utilisateur sont évacués avant que le prochain utilisateur n'arrive
- + Elle est appropriée pour tous les types d'utilisateurs (position assise, accroupie, nettoyage anal avec ou sans eau)
- + Faible coût d'investissement ; les frais d'exploitation dépendent du prix de l'eau
- Exige une source assurée d'eau (qui pourrait être de l'eau recyclée et/ou de l'eau de pluie)
- Sa production nécessite des matériaux et des savoir-faire qui ne sont pas forcément disponibles partout
- Les matériaux de nettoyage sec grossiers peuvent boucher le siphon

Références et lectures supplémentaires

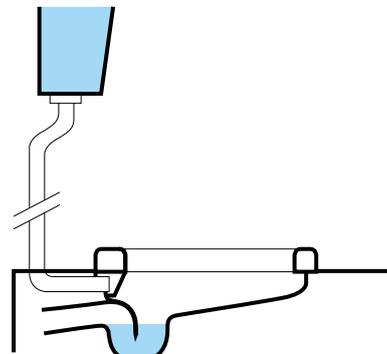
- _ Mara, D. D. (1985). *The Design of Pour-Flush Latrines*. UNDP Interregional Project INT/81/047, The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US.
Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home
- _ Mara, D. D. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, UK.
(Avec des dessins détaillés de la dalle et du siphon en fibre de verre indienne, et des dimensions et des critères de conception essentiels. Description de la méthode pour faire de toilettes à chasse manuelle des toilettes à chasse mécanique)
- _ Roy, A. K., Chatterjee, P. K., Gupta, K. N., Khare, S. T., Rau, B. B. and Singh, R. S. (1984). *Manual on the Design, Construction and Maintenance of Low-Cost Pour-Flush Waterseal Latrines in India*. UNDP Interregional Project INT/81/047, The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US.
Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home
(Contient les caractéristiques techniques des toilettes à chasse manuelle et des canalisations)

Produits entrants :  Urine  Fèces  Eau de chasse ( Eau de nettoyage anal) ( Matériaux de nettoyage sec)

Produits sortants :  Eaux noires



option 1



option 2

Habituellement en porcelaine, la toilette à chasse mécanique est une interface utilisateur manufacturée et produite en série. La toilette se compose d'un réservoir d'eau qui fournit l'eau pour évacuer les excréments, et d'une cuvette dans laquelle les excréments se déposent.

La caractéristique intéressante des toilettes à chasse mécanique est qu'elles comportent un siphon sophistiqué pour empêcher les odeurs de remonter par les canalisations. L'eau stockée dans le réservoir au-dessus de la cuvette est libérée en poussant ou en tirant un levier. Cela permet à l'eau de passer dans la cuvette, de se mélanger aux excréments et de les emporter.

Éléments à prendre en compte pour la conception Les toilettes modernes consomment de 6 à 9 L par chasse, tandis que les modèles plus anciens étaient conçus pour contenir un volume d'eau de chasse allant jusqu'à 20 L. Il existe actuellement différents modèles de toilettes à faible volume utilisant moins de 3 litres d'eau par chasse. Dans certains cas, le volume d'eau utilisé par rinçage n'est pas suffisant pour vider la cuvette et par conséquent, l'utilisateur est forcé de tirer la chasse deux fois ou plus pour nettoyer correctement la cuvette, ce qui annule l'économie d'eau souhaitée.

Un bon plombier est nécessaire pour installer ce type de toilette. Le plombier s'assurera que tous les joints soient reliés et posés correctement, ce qui minimise les éventuelles fuites.

Adéquation Une toilette à chasse mécanique ne doit être envisagée que si tout le matériel, notamment de raccordement, est disponible localement. Elle doit être reliée à une source d'eau permanente pour l'évacuation, et à une technologie de collecte et de stockage/traitement, ou de transport, pour recevoir les eaux noires.

La toilette à chasse mécanique convient aux lieux publics et privés.

Aspects sanitaires/acceptation C'est une toilette saine et confortable dans la mesure où elle est maintenue propre.

Exploitation. Bien que l'eau de chasse afflue régulièrement dans la cuvette, elle doit être nettoyée avec une brosse régulièrement, dans un but d'hygiène et pour éviter la formation de taches. La maintenance est nécessaire pour le remplacement ou la réparation de certaines pièces ou installations mécaniques. Les produits d'hygiène menstruelle doivent être collectés dans une corbeille séparée.

Avantages et inconvénients

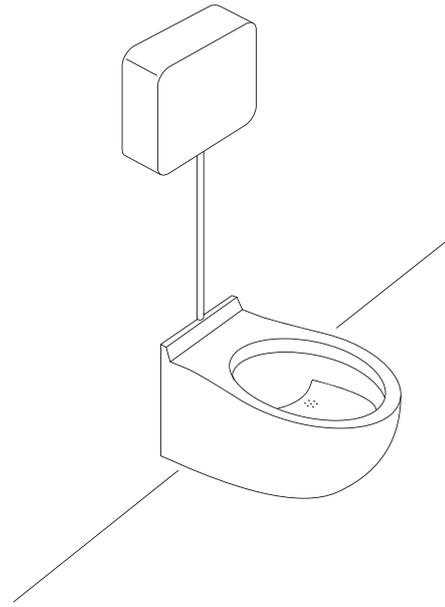
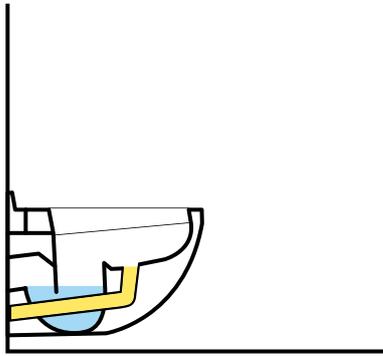
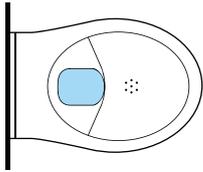
- + Les excréments d'un utilisateur sont évacués avant que le prochain utilisateur n'arrive.
- + Aucun problème réel d'odeurs si les toilettes sont utilisées correctement
- + Appropriée à tous les types d'utilisateurs (position assise, accroupie, nettoyage anal avec ou sans eau)
- Forts coûts d'investissement ; les frais d'exploitation dépendent du prix de l'eau
- Exige une source permanente d'eau
- Ne peut pas être construite et/ou réparée localement avec les matériaux disponibles.

Références et lectures supplémentaires

- _ Maki, B. (2005). *Assembling and Installing a New Toilet*. Hammerzone.com
Disponible à : www.hammerzone.com
(Décrit l'installation de toilettes avec de nombreuses photos couleur et des instructions étape par étape)
- _ Vandervort, D. (2007). *Toilets: Installation and Repair*. HomeTips.com.
Disponible à : http://hometips.com/content/toilets_intro.html
(Décrit chaque partie des toilettes en détail et contient des liens vers d'autres outils tels que le mode d'installation des toilettes, la réparation de toilettes qui fuient et autres notions fondamentales)

Produits entrants :  Urine  Fèces  Eau de chasse ( Eau de nettoyage anal) ( Matériaux de nettoyage sec)

Produits sortants :  Eau brunes  Urine



La toilette à chasse avec séparation des urines est semblable en apparence à une toilette à chasse mécanique, sauf pour la déviation dans la cuvette. La cuvette est en deux parties, de sorte que l'urine puisse être séparée des fèces. Il existe des modèles pour position assise et pour position accroupie.

L'urine est collectée dans une canalisation à l'avant des toilettes, tandis que les fèces sont collectées à l'arrière. L'urine est collectée sans eau, mais une petite quantité d'eau est utilisée pour rincer la cuvette de réception lors du rinçage des toilettes. L'urine s'écoule dans un réservoir de stockage pour une valorisation ou un traitement ultérieur, alors que les fèces sont évacuées avec l'eau pour être traitées.

Éléments à prendre en compte pour la conception Le système nécessite un double système de canalisation (c'est-à-dire un système pour l'urine et un autre pour les eaux brunes). La toilette doit être installée soigneusement par quelqu'un qui comprend comment et où peuvent se produire les bouchons, de sorte qu'ils puissent être prévenus et facilement résolus. Il faut utiliser des canalisations plastique pour l'évacuation de l'urine, afin d'éviter la corrosion. Pour éviter l'entartrage, toutes les connexions (canalisations) doivent être aussi courtes que possible ; lorsqu'elles existent, les canalisations doivent être installées

avec une pente d'au moins 1%, et si possible, sans angle droit (90°). Un diamètre de 50 mm est suffisant si la pente est forte et la maintenance aisée. Sinon, leur diamètre doit être large (> 75 mm), en particulier lorsque la pente est faible et l'accès difficile.

Adéquation Les toilettes à chasse avec séparation des urines sont appropriées lorsque l'approvisionnement en eau est suffisant pour le rinçage, qu'il existe une technologie de traitement pour les eaux brunes et une utilisation possible de l'urine collectée. Pour améliorer l'efficacité de la séparation, des urinoirs (U.3) pour hommes sont recommandés.

Ces toilettes conviennent à une utilisation publique et privée, bien qu'une formation et des connaissances importantes soient requises dans les lieux publics, pour assurer une utilisation adéquate et minimiser les bouchages. Cette technologie exigeant des systèmes de canalisation séparés pour la collecte de l'urine et des eaux brunes, la plomberie est plus compliquée que pour des toilettes à chasse mécanique. En particulier, une conception et une installation correctes des canalisations pour l'urine est cruciale et nécessite une connaissance experte.

Aspects sanitaires/acceptation Des fiches d'information et/ou des schémas sont essentiels pour assurer

une utilisation appropriée et pour favoriser l'acceptation ; si les utilisateurs comprennent pourquoi l'urine est séparée, ils seront plus disposés à utiliser ces toilettes correctement. Un bon système de canalisation permettra d'assurer l'absence d'odeur.

Exploitation Comme avec n'importe quelle toilette, le nettoyage adéquat est important pour maintenir la/les cuvette(s) propre(s) et empêcher des taches de se former. Du fait que l'urine est collectée séparément, des minéraux et des sels de calcium et de magnésium peuvent précipiter et s'accumuler dans les tuyaux et sur les surfaces lorsque l'urine est constamment présente. Le rinçage de la cuvette avec un acide moyen (par exemple, du vinaigre) et/ou de l'eau chaude peut éviter l'accumulation des dépôts de minéraux et l'entartrage. Un acide plus fort (plus de 24 % d'acidité) ou une solution de soude caustique (2 volumes d'eau pour un volume de soude) peuvent être utilisés pour éliminer les bouchons. Cependant, dans certains cas, un retrait manuel est nécessaire.

Avantages et inconvénients

- + Requiert moins d'eau qu'une toilette à chasse mécanique
- + Aucun problème réel d'odeurs si elle est utilisée correctement
- + Ressemble à, et peut être utilisée comme une toilette à chasse mécanique
- Disponibilité limitée ; ne peut pas être construite ou réparée localement
- Coûts en capitaux élevés et frais d'exploitation dépendant des pièces et de l'entretien
- Maintenance exigeante en main d'œuvre
- Requiert une formation et une acceptation pour être utilisée correctement
- Est encline à se boucher et à une mauvaise utilisation
- Exige une source permanente d'eau
- Les hommes ont besoin habituellement d'un urinoir séparé pour la collecte optimale des urines

Références et lectures supplémentaires

- Kvarnström, E., Emilsson, K., Richert Stintzing, A., Johansson, M., Jönsson, H., af Petersens, E., Schöningg, C., Christensen, J., Hellström, D., Qvarnström, L., Ridderstolpe, P. and Drangert, J.-O. (2006). *Urine Diversion: One Step Towards Sustainable Sanitation*. Report 2006-1, EcoSanRes: Ecosan Publications Series, Stockholm, SE. Disponible à : www.ecosanres.org
- Larsen, T. A. and Lienert, J. (2007). *Novaquatis Final Report. NoMix – A New Approach to Urban Water Management*. Eawag, Dübendorf, CH. Disponible à : www.novaquatis.eawag.ch
- von Münch, E. and Winker, M. (2011). *Technology Review of Urine Diversion Components. Overview of Urine Diversion Components Such as Waterless Urinals, Urine Diversion Toilets, Urine Storage and Reuse Systems*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE. Disponible à : www.susana.org/library
- Winker, M. and Saadoun, A. (2011). *Urine and Brownwater Separation at GTZ Main Office Building Eschborn, Germany – Case Study of Sustainable Sanitation Projects*. Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA), Eschborn, DE. Disponible à : www.susana.org/library

Cette section décrit les technologies qui collectent et stockent les produits générés au niveau de l'interface utilisateur. Certaines technologies présentées ci-dessous sont conçues spécifiquement pour le traitement, alors que d'autres le sont pour la collecte et le stockage. Ces dernières permettent aussi un certain degré de traitement, dépendant du temps et des conditions de stockage. Le traitement offert par les technologies S est généralement passif (c'est-à-dire qu'il ne nécessite pas d'apport d'énergie). Quatre des technologies décrites sont des technologies de fosses ou bacs alternés (S.4–S.7). En raison de la période de stockage implicite dans la conception de ces technologies, le risque de contamination est réduit. Elles autorisent donc une vidange manuelle.

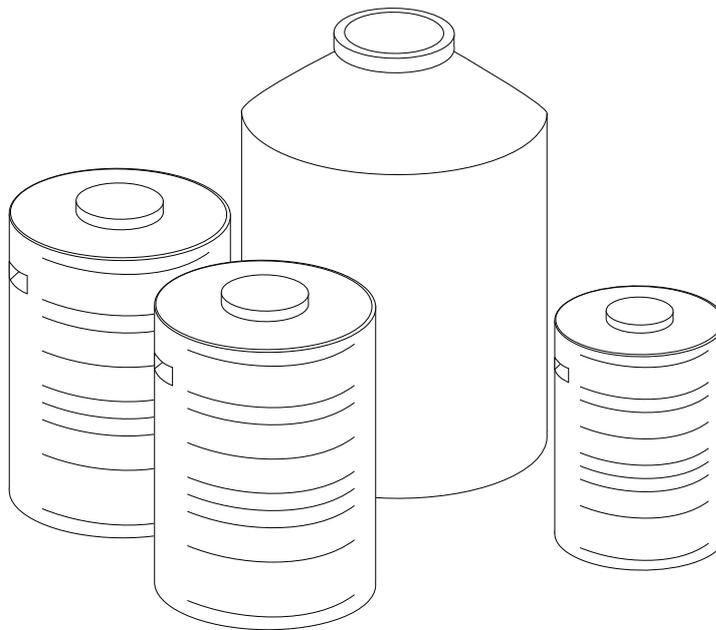
- S.1. Réservoir de stockage des urines
- S.2. Fosse unique
- S.3. Fosse unique ventilée améliorée (VIP)
- S.4. Double fosse ventilée améliorée (VIP)
- S.5. Fossa Alterna
- S.6. Double fosse pour toilettes à chasse manuelle
- S.7. Chambres de déshydratation
- S.8. Chambre de compostage
- S.9. Fosse septique
- S.10. Réacteur anaérobie compartimenté
- S.11. Filtre anaérobie
- S.12. Réacteur à biogaz

Quel que soit le contexte, le choix de la technologie dépend en général des facteurs suivants :

- Disponibilité de l'espace
- Caractéristiques du sol et des eaux souterraines
- Type et quantité de produits entrants
- Disponibilité locale des matériaux
- Produits sortants désirés
- Disponibilité de technologies pour le transport en aval
- Ressources financières
- Considérations de gestion
- Préférences des utilisateurs



Niveau d'application ★★ Ménages ★★ Voisinage ★ Ville	Niveau de gestion ★★ Ménages ★★ Partagé ★★ Public	Produits entrants :  Urine
		Produits sortants :  Urine stockée



Quand l'urine ne peut pas être utilisée immédiatement ou transportée par une technologie de transport (par exemple, des jerrycans, cf. C.1), elle peut être stockée in situ dans des réservoirs ou des containers. Le réservoir de stockage doit alors être déplacé ou vidé dans un autre container à des fins de transport.

Le réservoir de stockage d'urine doit être convenablement dimensionné pour s'adapter au nombre d'utilisateurs et au temps requis pour l'hygiénisation de l'urine. Les recommandations de stockage concernant l'urine correspondent à la température de stockage et à la culture pour laquelle elle sera utilisée comme engrais ; mais toute urine doit être stockée pendant au moins un mois (cf. recommandations de l'OMS relatives à l'application et au stockage spécifiques). Dans le cas d'une urine familiale utilisée comme engrais pour les cultures qui seront uniquement consommées dans le ménage, l'urine peut être utilisée directement sans stockage.

Des réservoirs de plus petits volumes peuvent être utilisés et transportés vers un réservoir de stockage centralisé ou proche du point d'utilisation (c'est-à-dire l'exploitation agricole).

Éléments à prendre en compte pour la conception En moyenne, une personne produit environ 1,2 L d'urine par jour ; mais cette quantité peut varier de façon

importante selon le climat et la consommation de liquides. Les réservoirs de stockage mobiles doivent être en plastique ou fibre de verre, mais les réservoirs permanents peuvent être faits en béton ou plastique. Le métal doit être évité parce qu'il peut être facilement rouillé par le pH élevé de l'urine stockée.

Avec le temps, une couche de boues organiques et de minéraux précipités (principalement des phosphates de calcium et de magnésium) se formera au fond du réservoir. Tout réservoir utilisé pour le stockage d'urine doit avoir une ouverture assez grande de sorte qu'il puisse être nettoyé et/ou pompé. Ni le réservoir de stockage, ni les canalisations de collecte ne doivent être ventilés pour éviter les émissions odorantes d'ammoniaque, mais ils ont besoin d'une pression égalisée.

Si le réservoir de stockage est relié à la toilette ou à l'urinoir directement par une canalisation, on doit prendre soin de réduire au minimum la longueur de la conduite pour que les précipités ne s'accumulent pas.

Les tuyaux doivent avoir une pente forte (supérieure à 1 %), sans d'angle aigu, et des diamètres larges (jusqu'à 110 mm pour les conduites enterrées). Ils doivent être facilement accessibles en cas d'obstruction.

Pour minimiser les odeurs et la perte d'azote, le réservoir doit être rempli à partir du fond, c'est-à-dire que l'urine doit arriver par une canalisation s'ouvrant près du fond du rés-

ervoir ; ceci empêchera l'urine d'éclabousser et évitera les remontées d'air.

Adéquation Les réservoirs de stockage d'urine sont bien appropriés lorsqu'il existe un besoin de nutriments pour l'agriculture apportés par engrais et pouvant être fourni par l'urine stockée. Lorsque ce besoin n'existe pas, l'urine peut devenir une source de pollution et une nuisance.

Les réservoirs de stockage d'urine peuvent être utilisés dans presque tous les environnements ; ils doivent être bien jointés pour éviter les fuites, l'infiltration et la perte d'azote. Ils peuvent être installés à l'intérieur, à l'extérieur, au-dessus du sol ou en dessous selon le climat, l'espace disponible et le sol.

Aspects sanitaires/acceptation Un stockage à long terme est la meilleure manière d'hygiéniser l'urine sans addition de produits chimiques ou procédés mécaniques. Le risque de transmission de maladies à partir de l'urine stockée est faible. Un stockage prolongé de plus de 6 mois permet une hygiénisation presque complète des urines.

Exploitation. Si le réservoir de stockage est vidé à l'aide d'un camion de vidange (cf. C.3), l'entrée d'air doit être maintenu à un taux suffisant pour s'assurer que le réservoir n'implose pas en raison du vide. Une boue visqueuse s'accumulera au fond du réservoir de stockage. Au cours de la vidange du réservoir de stockage, la boue est généralement vidée avec l'urine, mais si un robinet est utilisé et que le réservoir n'est jamais entièrement vidé, il pourra être nécessaire de procéder à un soutirage de la boue. La fréquence de soutirage dépendra de la composition de l'urine et des conditions de stockage.

Le dépôt de minéraux et de sels dans le réservoir ou sur les canalisations peut être manuellement enlevé (parfois avec un peu de difficulté) ou dissout avec de l'acide fort (à 24 %).

Avantages et inconvénients

- + Technologie simple et robuste
- + Peut être construit et réparé avec des matériaux locaux
- + Faible risque de transmission d'agents pathogènes
- + L'urine stockée peut servir d'engrais
- + Requiert peu de terrain
- + Faibles coûts d'exploitation (voire inexistant) si le réservoir est auto-vidé
- Odeur moyenne à forte en ouvrant et en vidant le réservoir (selon les conditions de stockage)
- Coûts d'investissement pouvant être élevés (en fonction de la taille et du matériau du réservoir)
- Peut nécessiter une vidange fréquente (selon la taille du réservoir)

Références et lectures supplémentaires

- Kvarnström, E., Emilsson, K., Richert Stintzing, A., Johansson, M., Jönsson, H., af Petersens, E., Schönning, C., Christensen, J., Hellström, D., Qvarnström, L., Ridderstolpe, P. and Drangert, J.-O. (2006). *Urine Diversion: One Step Towards Sustainable Sanitation*. Report 2006-1, EcoSanRes: Ecosan Publications Series, Stockholm, SE. Disponible à : www.ecosanres.org
- von Münch, E. and Winker, M. (2011). *Technology Review of Urine Diversion Components. Overview of Urine Diversion Components Such as Waterless Urinals, Urine Diversion Toilets, Urine Storage and Reuse Systems*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE. Disponible à : www.susana.org/library
- OMS (2006). *Recommandations pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères. Volume 4 : Utilisation des excréta et des eaux ménagères en agriculture*. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, Suisse. Disponible à : http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuweg4/fr

Niveau d'application

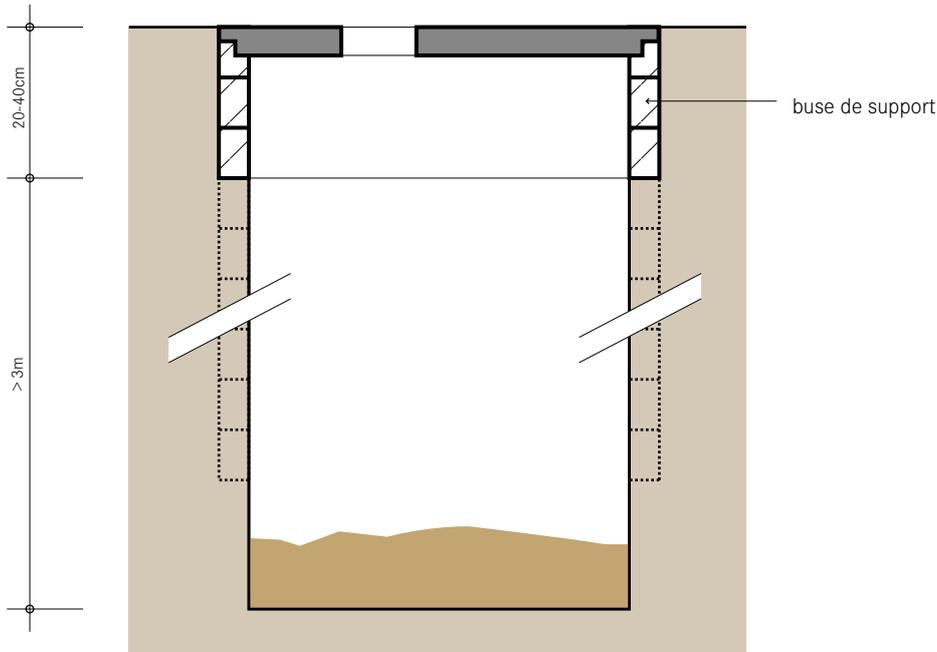
- ★★ Ménages
- ★ Voisinage
- Ville

Niveau de gestion

- ★★ Ménages
- ★★ Partagé
- Public

Produits entrants : Excréments (orange) Eaux noires (gris)
Fèces (+ Eau de nettoyage anal) (orange)
(+ Matériaux de nettoyage sec) (rose)

Produits sortants : Boues (brun)



La fosse unique est l'une des technologies d'assainissement les plus largement utilisées. Les excréments et les matériaux de nettoyage anal (eau ou matières solides) sont déposés dans une fosse. La mise en place d'une paroi dans la fosse l'empêche de s'effondrer et fournit un appui à la superstructure.

À mesure que la fosse unique se remplit, deux processus limitent le taux d'accumulation : l'infiltration et la dégradation. L'urine et l'eau s'infiltrent dans le sol par le fond de la fosse et la paroi, tandis que l'action microbienne dégrade une partie de la fraction organique.

Éléments à prendre en compte pour la conception En moyenne, le taux d'accumulation des solides va de 40 à 60 litres par personne et par an, et jusqu'à 90 litres par personne et par an si des matériaux de nettoyage sec tels que des feuilles ou du papier sont utilisés. Le volume de la fosse doit être conçu pour contenir au moins 1 000 litres. Idéalement, la fosse doit avoir une profondeur de 3 m pour au moins 1 m de diamètre. Si le diamètre de la fosse excède 1.5 m, il y a plus de risque d'effondrement. Selon la profondeur à laquelle elles sont creusées, certaines fosses peuvent durer jusqu'à 20 ans sans être vidangées. Pour prévenir la contamination des eaux souterraines, le bas de la fosse doit être situé à au moins 2 m au-dessus de leur

niveau (de façon empirique). Si la fosse doit être réutilisée, elle doit être équipée de parois (blindage). Les matériaux pour la paroi sont notamment la brique, le bois résistant à la pourriture, le béton, les pierres ou le mortier pour le sol. Si le sol est stable (pas de présence de sable, de graviers ou de matériaux organiques meubles), la fosse n'a pas besoin d'être entièrement blindée. Le fond de la fosse ne doit pas être étanché pour permettre l'infiltration des liquides hors de la fosse.

Comme les effluents liquides passent de la fosse à la matrice sol non saturé, les germes pathogènes sont transmis à travers le sol et peuvent être partiellement éliminés avant le contact avec les eaux souterraines. Le degré d'élimination varie en fonction du type de sol, de la distance parcourue, de l'humidité et d'autres facteurs environnementaux ; aussi est-il difficile d'estimer la distance nécessaire entre une fosse et une source d'eau. Une distance horizontale minimale de 30 m est normalement recommandée pour limiter l'exposition à la contamination microbienne.

Quand il est impossible de creuser une fosse profonde ou que le niveau des eaux souterraines est trop élevé, une fosse surélevée peut être une alternative viable : peu profonde, la fosse peut être prolongée en la construisant vers le haut en utilisant des buses ou des blocs de béton. On peut aussi construire une fosse surélevée dans les zones où les inondations sont fréquentes, pour éviter que l'eau ne se déverse

dans la fosse lors de fortes pluies. La fosse profonde non blindée peut également être appropriée aux zones difficiles à creuser. Quand la fosse peu profonde est pleine, elle peut être couverte de feuilles et de terre, et un petit arbre planté dessus (cf. Déplacement de fosse / Arborloo, D.1).

La fosse ventilée améliorée (VIP) est légèrement plus chère que la fosse unique, mais elle réduit considérablement les nuisances des mouches et des odeurs tout en augmentant le confort et l'utilisateur.

Si une interface utilisateur à séparation d'urine est utilisée, seules les fèces sont collectées dans la fosse, et l'infiltration peut être minimisée.

Adéquation Les processus de traitement dans la fosse unique (aérobie, anaérobie, déshydratation, compostage ou autre) sont limités et donc, la réduction des agents pathogènes et la dégradation organique ne sont pas significatives. Cependant, du fait que les excréments sont stockés, la transmission d'agents pathogènes à l'utilisateur est limitée.

Les fosses simples sont appropriées pour les zones rurales et périurbaines ; dans les zones densément peuplées, elles sont souvent difficiles à vidanger et/ou ne disposent pas de suffisamment d'espace pour l'infiltration.

Les fosses uniques sont particulièrement appropriées quand l'eau est rare et là où le niveau de la nappe souterraine est bas. Elles ne sont pas appropriées aux sols rocheux ou compacts (difficiles à creuser) ou aux zones fréquemment inondées.

Aspects sanitaires/acceptation Une fosse unique constitue une amélioration par rapport à la défécation en plein air ; cependant, elle pose toujours des risques sanitaires :

- Le percolat peut polluer les eaux souterraines ;
- L'eau stagnante dans la fosse peut favoriser la prolifération d'insectes ;
- Les fosses sont susceptibles de s'écrouler/déborder pendant les inondations

Les fosses uniques doivent être construites à une distance appropriée des maisons pour minimiser les nuisances des mouches et des odeurs et pour assurer commodité et sécurité.

Exploitation Il n'y a aucun entretien quotidien lié à une fosse unique, hormis la nécessité de la garder propre. Cependant, quand la fosse est pleine, elle peut : a) être vidangée et réutilisée, ou b) la superstructure et la dalle d'accroupissement peuvent être déplacées sur une nou-

velle fosse, et la fosse remplie est couverte et mise hors service (c'est la solution recommandée lorsque le terrain est largement disponible).

Avantages et inconvénients

- + Peut être construite et réparée avec des matériaux locaux
- + Faibles coûts d'investissement (mais variables), dépendant des matériaux et de la profondeur de la fosse
- + Surface de terrain requis peu élevée
- Les mouches et les odeurs sont normalement perceptibles
- Faible réduction de la demande biochimique en oxygène et des agents pathogènes, et possible contamination de la nappe souterraine
- Les coûts de vidange peuvent être significatifs comparés aux coûts d'investissement
- Les boues nécessitent un traitement secondaire et/ou une évacuation appropriée

Références et lectures supplémentaires

- ARGOSS (2001). *Guidelines for Assessing the Risk to Groundwater from on-Site Sanitation*. British Geological Survey Commissioned Report, CR/01/142, Keyworth, UK. Disponible à : www.bgs.ac.uk
- Brandberg, B. (1997). *Latrine Building. A Handbook for Implementation of the Sanplat System*. Intermediate Technology Publications, London, UK. (Bon résumé des problèmes de construction ordinaires et conseils pour éviter les erreurs)
- Franceys, R., Pickford, J. and Reed, R. (1992). *A Guide to the Development of on-Site Sanitation*. WHO, Geneva, CH. Disponible à : www.susana.org/library (Pour des informations sur le taux d'accumulation, le taux d'infiltration, la construction générale et des exemples de calcul de dimensionnement)
- Graham, J. P. and Polizzotto, M. L. (2013). *Pit Latrines and Their Impacts on Groundwater Quality: A Systematic Review*. Environmental Health Perspectives, National Institute of Environmental Health Sciences, Research Triangle Park, US. Disponible à : www.ehponline.org
- Pickford, J. (1995). *Low Cost Sanitation. A Survey of Practical Experience*. Intermediate Technology Publications, London, UK. (Informations sur le mode de calcul de la taille de la fosse)
- Robens Institute (1996). *Fact Sheets on Environmental Sanitation. Fact Sheet 3.4: Simple Pit Latrines*. University of Surrey, UK and WHO, Geneva, CH. Disponible à : www.who.int

Niveau d'application

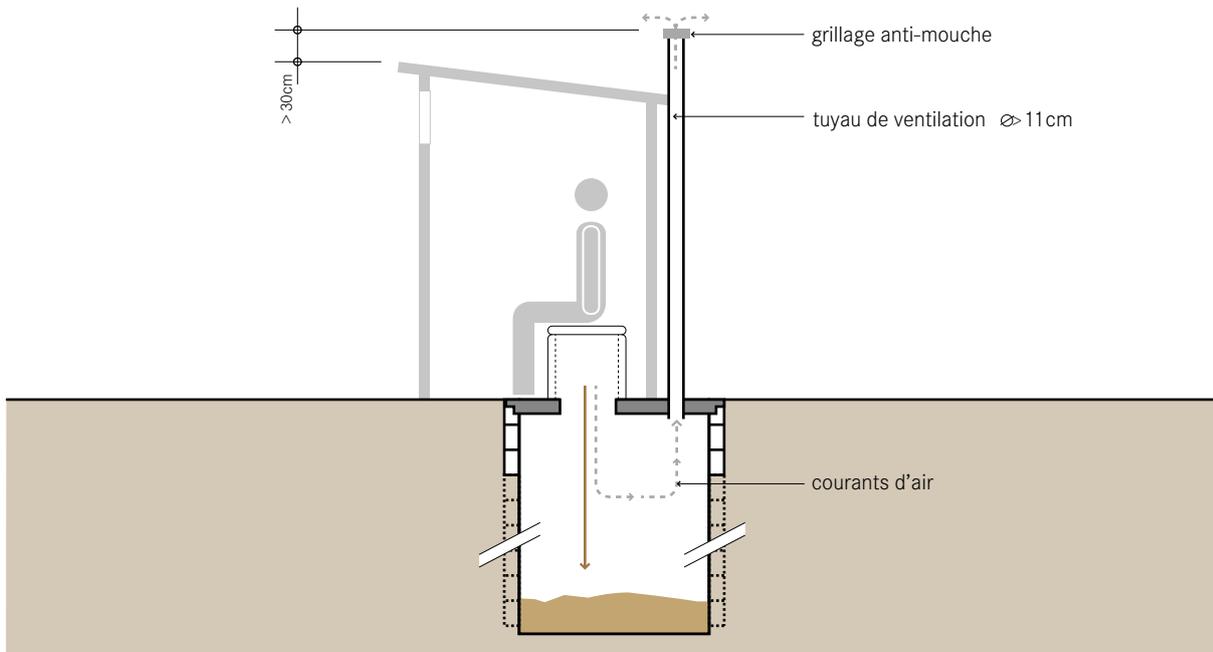
- ★★ Ménages
- ★ Voisinage
- Ville

Niveau de gestion

- ★★ Ménages
- ★★ Partagé
- ★ Public

Produits entrants : Excréments, Eaux noires, Fèces (+ Eau de nettoyage anal) (+ Matériaux de nettoyage sec)

Produits sortants : Boues



La VIP simple est une fosse ventilée améliorée. Elle représente une amélioration par rapport à la fosse unique, parce que le flux d'air continu passant par le tuyau de ventilation chasse les odeurs et agit comme un piège à mouches lorsqu'elles s'échappent vers la lumière.

En dépit de leur simplicité, les VIP simple fosse peuvent être complètement sans odeur, et plus agréables à utiliser que d'autres technologies utilisant de l'eau.

Les mouches qui se développent dans la fosse sont attirées par la lumière au-dessus de la conduite de ventilation. Quand elles volent vers la lumière et essaient de s'échapper, elles sont emprisonnées par le grillage anti-mouches et meurent. La ventilation permet également aux odeurs de s'échapper et minimise l'attraction des mouches.

Éléments à prendre en compte pour la conception

La conduite de ventilation doit avoir un diamètre intérieur d'au moins 110 mm et dépasser de plus de 300 mm le point le plus élevé de la superstructure de la toilette. Le vent passant au-dessus crée une pression d'aspiration dans le tuyau de ventilation et induit une circulation d'air. L'air est attiré dans l'interface utilisateur vers la fosse, monte dans le tuyau de ventilation et s'échappe dans l'atmosphère. Il faut prendre garde à ce que les maisons ou les arbres ne se trouvent pas sur le trajet du courant d'air.

La ventilation fonctionne mieux dans les régions venteuses, mais là où il y a peu de vent, son efficacité peut être améliorée en peignant le tuyau en noir ; la différence de chaleur entre la fosse (fraîche) et l'air (chaud) crée un courant vers le haut qui aspire l'air et les odeurs hors de la fosse. Pour tester l'efficacité de la ventilation, on peut tenir une cigarette allumée au-dessus de l'interface avec l'utilisateur ; la fumée doit être aspirée dans la fosse, puis dans la conduite, et ne pas rester dans la superstructure.

La maille du grillage anti-mouches doit être assez grande pour éviter l'obstruction par la poussière et permettre à l'air de circuler librement. Les grillages en aluminium, avec une maille de 1,2 à 1,5 mm se sont avérés les plus efficaces. En général, la fosse doit avoir une profondeur d'au moins 3 m et un diamètre compris entre 1 m et 1,5 m, selon le nombre d'utilisateurs. Les fosses profondes peuvent durer jusqu'à 20 années ou plus.

Comme les effluents liquides passent de la fosse à la matrice du sol non saturé, les germes pathogènes sont absorbés à travers le sol et sont éliminés avant le contact avec les eaux souterraines. Le degré d'élimination varie en fonction du type de sol, de la distance parcourue, de l'humidité et d'autres facteurs environnementaux, ainsi il est difficile d'estimer la distance nécessaire entre une fosse et une source d'eau. Une distance horizontale minimale de 30 m est normalement recommandée pour limiter l'exposition à la contamination microbienne.

Quand il est impossible de creuser une fosse profonde ou que le niveau des eaux souterraines est trop élevé, une fosse surélevée peut être une alternative viable : peu profonde, la fosse peut être prolongée en la construisant vers le haut en utilisant des buses ou des blocs de béton. On peut aussi construire une fosse surélevée dans les zones où les inondations sont fréquentes, pour éviter que l'eau ne se déverse dans la fosse lors de fortes pluies.

Des toilettes à VIP simple fosse peuvent être modernisées et transformées en double fosse (S.4). La double fosse est dotée d'une fosse supplémentaire, de sorte que lorsque l'une est en cours d'utilisation, le contenu de la fosse pleine se ressuyé, mature et se dégrade.

Si une interface utilisateur à séparation d'urine est utilisée, seules les fèces sont collectées dans la fosse, et l'infiltration peut être minimisée.

Adéquation Les processus de traitement dans la VIP à fosse unique (aérobie, anaérobie, déshydratation, compostage ou autre) sont limités et donc, la réduction des agents pathogènes et la dégradation organique ne sont pas significatives. Cependant, du fait que les excréments sont stockés, la transmission d'agents pathogènes à l'utilisateur est limitée.

Les VIP à fosse unique sont appropriées pour les zones rurales et périurbaines ; dans les zones densément peuplées, elles sont souvent difficiles à vidanger et/ou ne disposent pas de suffisamment d'espace pour l'infiltration. Elles sont particulièrement appropriées quand l'eau est rare et là où le niveau de la nappe souterraine est bas. Elles doivent être situées dans une zone où la brise souffle, pour assurer une ventilation efficace. Elles ne sont pas appropriées aux sols rocheux ou compacts (difficiles à creuser) ou aux zones fréquemment inondées.

Aspects sanitaires/acceptation Une fosse unique améliorée ventilée peut être une option d'assainissement très propre, confortable et bien acceptée. Cependant, quelques préoccupations sanitaires demeurent :

- Le percolat peut polluer les eaux souterraines ;
- Les fosses sont susceptibles d'éboulement/débordement pendant les inondations ;
- Les risques sanitaires liés aux mouches ne sont pas complètement éliminés par la ventilation.

Exploitation Pour maintenir la VIP simple exempte de mouches et d'odeurs, un nettoyage et un entretien réguliers sont requis. Les mouches mortes, les toiles d'araignée,

la poussière et les autres débris doivent être enlevés du grillage de ventilation pour assurer une bonne circulation de l'air.

Avantages et inconvénients

- + Les mouches et les odeurs sont significativement réduits (en comparaison avec les fosses non ventilées)
- + Peut être construite et réparée avec des matériaux locaux
- + Faible coût d'investissement (mais variables), dépendant des matériaux et de la profondeur de la fosse
- + Surface de terrain requis peu élevée
- Les mouches et les odeurs sont normalement perceptibles
- Faible réduction de la demande biochimique en oxygène et des agents pathogènes, et possible contamination de la nappe souterraine
- Les coûts de vidange peuvent être significatifs comparés aux coûts d'investissement
- Les boues nécessitent un traitement secondaire et/ou une évacuation appropriée

Références et lectures supplémentaires

- Mara, D. D. (1984). *The Design of Ventilated Improved Pit Latrines*. UNDP Interregional Project INT/81/047, The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US. Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home
- Mara, D. D. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, UK. (Avec des informations détaillées sur la conception)
- Morgan, P. R. (2009). *Ecological Toilets. Start Simple and Upgrade from Arborloo to VIP*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Disponible à : www.ecosanres.org
- Morgan, P. R. (2011). *The Blair VIP toilet. Manual for Upgradeable BVIP Model with Spiral Superstructure and Tubular Vent*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Disponible à : www.ecosanres.org (Avec des informations détaillées sur la conception et la construction)
- Ryan, B. A. and Mara, D. D. (1983). *Ventilated Improved Pit Latrines: Vent Pipe Design Guidelines*. UNDP Interregional Project INT/81/047, The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US. Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home Cf. S2 pour des indications de lectures supplémentaires.

Niveau d'application

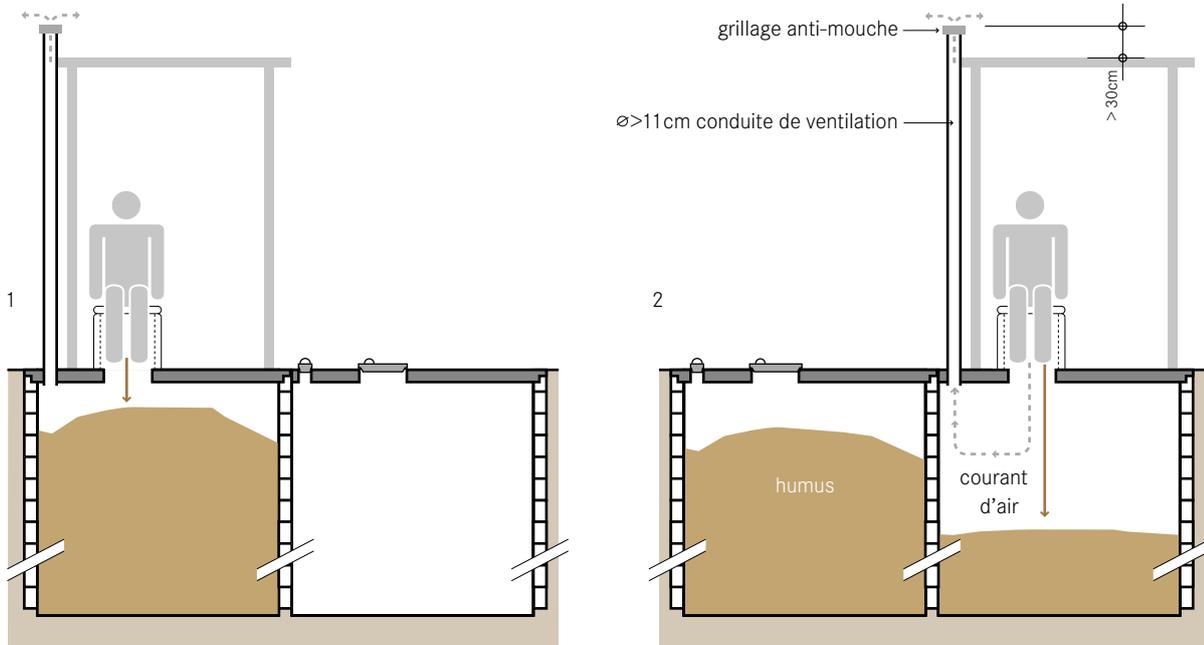
- ★★ Ménages
- ★ Voisinage
- Ville

Niveau de gestion

- ★★ Ménages
- ★★ Partagé
- ★ Public

Produits entrants : Excréments (orange) Fèces (rouge)
(+ Eau de nettoyage anal) (+ Matériaux de nettoyage sec)

Produits sortants : Humus (vert)



La conception de la VIP double fosse VIP est similaire à celle de la fosse unique améliorée et ventilée (S.3), mais elle comporte un avantage supplémentaire : une seconde fosse qui permet une utilisation en continu et une vidange plus sûre et plus aisée.

Grâce à la présence de deux fosses, il est possible de n'utiliser que l'une d'entre elles et de laisser l'autre reposer, s'assécher, diminuer de volume et se dégrader. Lorsque la seconde fosse est presque pleine (et que le niveau des excréments atteint les 50 derniers cm en haut de la fosse), il convient de la fermer et de vider le contenu de la première fosse. Après avoir été laissé longtemps au repos (au moins 1 ou 2 ans, et après plusieurs années de remplissage), le matériau contenu dans la fosse est en partie assaini et est similaire à de l'humus.

Éléments à prendre en compte pour la conception

La superstructure peut être conçue pour recouvrir les deux fosses ou pour être déplacée d'une fosse à l'autre. Dans tous les cas, la fosse au repos doit être totalement couverte et hermétiquement fermée pour empêcher l'eau, les débris et les animaux d'y pénétrer, et les personnes de tomber dedans. La ventilation des fosses peut être réalisée à l'aide d'un tuyau de ventilation que l'on déplace entre les fosses ; il est également possible d'équiper chaque fosse

de son propre tuyau. Les deux fosses de la double fosse VIP sont en utilisation continue et doivent donc être correctement maçonnées et renforcées pour garantir leur longévité.

Adéquation La VIP double fosse est mieux adaptée aux zones denses et périurbaines que la VIP à fosse unique. Après la période de repos, le matériau, similaire à de la terre, est vidé manuellement (c'est-à-dire creusé et non pas pompé) ; par conséquent, il n'est pas nécessaire que des camions de vidange puissent accéder au site.

La technologie de la double fosse améliorée ventilée ne fonctionnera correctement que si les deux fosses sont utilisées l'une après l'autre, et non simultanément. Une fermeture appropriée de la fosse au repos est donc nécessaire. Les doubles fosses sont particulièrement adaptées quand l'eau est rare et que la surface libre de la nappe est basse. Il convient de les installer dans une zone venteuse afin de permettre une bonne ventilation. En revanche, elles ne conviennent pas aux sols rocheux ou compactés (qui sont difficiles à creuser), ni aux zones fréquemment inondées.

Aspects sanitaires/acceptation La double fosse améliorée ventilée peut être une solution d'assainissement propre, confortable et bien acceptée, davantage même dans certains cas qu'une technologie utilisant de l'eau. Elle présente cependant certains risques sanitaires :

- le percolat peut contaminer l'eau souterraine ;
- les fosses risquent de dysfonctionner et/ou de déborder en cas d'inondation ;
- les risques sanitaires dus aux mouches ne sont pas totalement éliminés par la ventilation.

Exploitation Un nettoyage et un entretien réguliers sont requis pour éliminer les mouches et les odeurs de la double fosse VIP. Les mouches mortes, les toiles d'araignée, la poussière et les autres débris doivent être ôtés du filtre de ventilation afin d'assurer une bonne circulation de l'air. La fosse au repos doit également être hermétiquement fermée pour diminuer l'infiltration d'eau dedans ; il convient d'établir un calendrier d'alternance approprié pour l'usage des fosses.

Avantages et inconvénients

- + Durée de vie supérieure à celle de la fosse unique (illimitée si entretien correct)
- + L'extraction de l'humus est plus facile que celle des boues de vidange
- + Réduction importante du nombre d'agents pathogènes
- + Le matériau fécal stocké peut être utilisé comme amendement de sol
- + Mouches et odeurs sensiblement moindres (que dans le cas des fosses non ventilées)
- + Peut être construite et réparée avec des matériaux disponibles sur place
- Retrait manuel de l'humus
- Possible contamination de l'eau souterraine
- Coût d'investissement plus élevé que dans le cas d'une fosse unique, mais coûts de fonctionnement réduits si la fosse est auto-vidée

Références et lectures complémentaires

- ARGOSS (2001). *Guidelines for Assessing the Risk to Groundwater from on-Site Sanitation*. British Geological Survey Commissioned Report, CR/01/142, Keyworth, UK. Disponible à : www.bgs.ac.uk
- Franceys R., Pickford J. et Reed R. (1992). *Guide de l'assainissement individuel*. OMS, Genève, Suisse. Disponible à : <http://apps.who.int/iris/handle/10665/41707>
- Graham, J. P. and Polizzotto, M. L. (2013). *Pit Latrines and Their Impacts on Groundwater Quality: A Systematic Review*. Environmental Health Perspectives, National Institute of Environmental Health Sciences, Research Triangle Park, US. Disponible à : www.ehponline.org
- Mara, D. D. (1984). *The Design of Ventilated Improved Pit Latrines*. UNDP Interregional Project INT/81/047, The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US. Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home (Une bonne source d'informations détaillées sur la conception d'une double fosse VIP)
- Mara, D. D. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, UK. (Description générale des doubles fosses améliorées ventilées, traitant notamment du système de ventilation)
- Morgan, P. R. (2009). *Ecological Toilets. Start Simple and Upgrade from Arborloo to VIP*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Disponible à : www.ecosanres.org

Niveau d'application

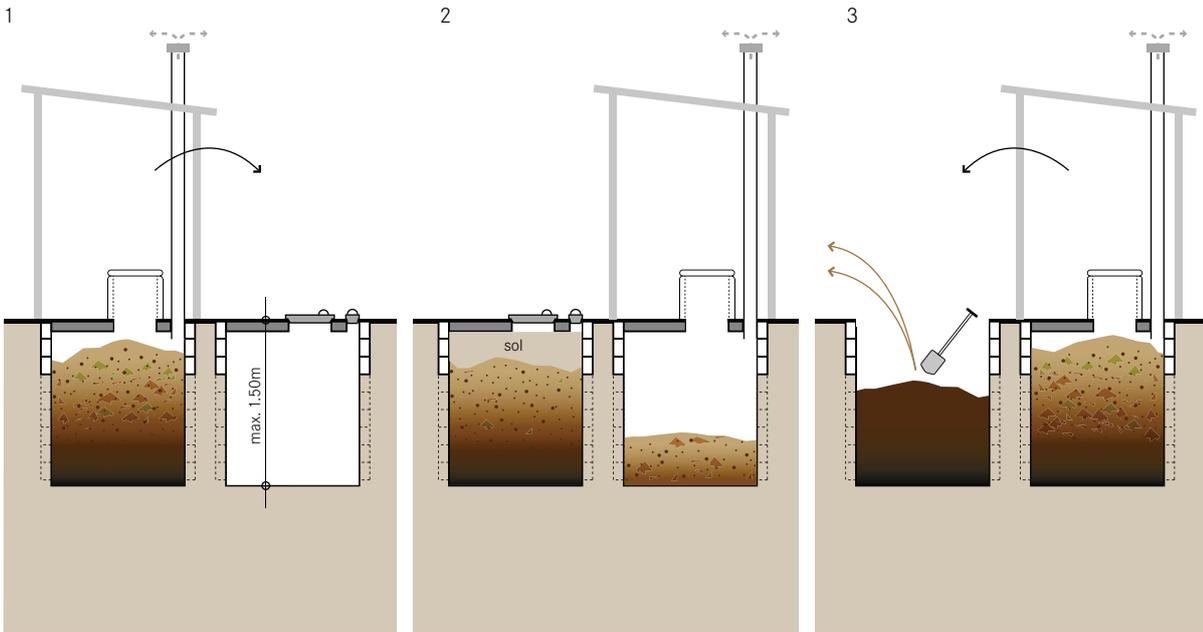
- ★★ Ménages
- ★ Voisinage
- Ville

Niveau de gestion

- ★★ Ménages
- ★★ Partagé
- ★ Public

Produits entrants : Excréments Fèces
Composés organiques (+ Eau de nettoyage anal)
(+ Matériaux de nettoyage sec)

Produits sortants : Humus



La Fossa Alterna est une technologie de double fosse sans eau (sèche) en alternance courte. Comparées à la double fosse VIP (S.4), qui est seulement conçue pour collecter, stocker et traiter partiellement les excréments, la Fossa Alterna génère un produit similaire à de la terre, et peut être utilisé comme amendement de sol riche en nutriments. Elles sont enfouies à une profondeur maximale de 1,5 m et demandent un apport constant de matériau de recouvrement (terre, cendres et/ou feuilles).

Le matériau de recouvrement doit être ajouté dans la fosse après la défécation (mais pas la miction). La présence de terre et de feuilles introduit divers organismes tels que des vers, des champignons et des bactéries qui contribuent au processus de dégradation. Elle accroît également la porosité, qui crée des conditions aérobies favorables. Les cendres aident en outre à réduire la quantité de mouches et les odeurs, et rendent le mélange légèrement plus alcalin.

La fosse pleine digère pendant que la deuxième fosse se remplit, ce qui dans l'idéal, doit prendre un an. Le matériau de la fosse pleine se dégradera en un mélange sec semblable à de la terre, et pouvant être facilement retiré manuellement. En raison de l'ajout d'un matériau structurant riche en carbone, le processus de dégradation est accéléré, ce qui permet de disposer d'un contenu pouvant être extrait et utilisé plus rapidement qu'avec une VIP double fosse.

Éléments à prendre en compte pour la conception

La Fossa Alterna se remplit sur une période de 12 à 24 mois selon sa taille et le nombre d'utilisateurs. Même si les fosses sont peu profondes (de 1 m à 1,5 m), chacune d'entre elles peut être utilisée par une famille de 6 personnes pendant un an. La technologie Fossa Alterna ne fonctionnera correctement que si les deux fosses sont utilisées l'une après l'autre, et non simultanément. Une fermeture appropriée de la fosse au repos est donc nécessaire.

La Fossa Alterna doit être utilisée pour l'urine, mais il ne faut pas ajouter d'eau (cependant, de petites quantités d'eau de nettoyage anal peuvent être tolérées). L'eau contribue au développement de vecteurs et d'agents pathogènes, et réduit l'espace poral, privant les bactéries aérobies de l'oxygène nécessaire à la dégradation. Il est possible d'utiliser des toilettes sèches à séparation d'urine (U.2) avec une Fossa Alterna, mais seulement lorsque le sol ne peut absorber suffisamment l'urine, ou si celle-ci a une grande valeur d'utilisation. Grâce à l'ajout permanent d'un matériau de recouvrement sur les excréments, les odeurs sont réduites. On peut également installer un tuyau de ventilation pour les diminuer encore davantage.

Dans les zones inondables ou celles dans lesquelles la surface libre de la nappe est trop proche, la Fossa Alterna peut être surélevée ou entièrement construite au-dessus du sol

pour éviter l'introduction d'eau et la pollution de l'eau souterraine. La construction des fosses en hauteur peut aussi être une solution si le sol est rocheux ou compacté, donc difficile à creuser.

Si l'espace est suffisant et que la vidange n'est pas souhaitée, l'Arborloo (D.1) peut être une option alternative de valorisation. Dans ce cas, les fosses ne devraient pas être équipées d'un revêtement.

Adéquation La Fossa Alterna convient aux zones rurales et périurbaines. Elle est particulièrement adaptée aux environnements pauvres en eau. Elle constitue aussi une bonne solution dans les zones dont le sol est pauvre et peut bénéficier d'un matériau humique stabilisé pour l'amendement du sol.

La Fossa Alterna ne peut pas recevoir les eaux grises, car elle est peu profonde et le milieu doit rester aérobie en vue de la dégradation.

Le matériau est ôté manuellement de la Fossa Alterna (il est creusé et non pas pompé) ; par conséquent, il n'est pas nécessaire que des camions de vidange puissent accéder au site.

La Fossa Alterna ne convient pas aux sols rocheux ou compactés (qui sont difficiles à creuser), ni aux zones fréquemment inondées, sauf si elle est construite en hauteur.

Aspects sanitaires/acceptation Grâce à l'ajout de terre, de cendres et/ou de feuilles sur les fèces, les mouches et les odeurs sont minimisées. Il est possible que les utilisateurs ne comprennent pas la différence entre Fossa Alterna et VIP double fosse, mais s'ils ont la possibilité de l'utiliser, ils vont apprécier ses avantages. Des unités de démonstration peuvent être utilisées pour montrer à quel point la vidange de la Fossa Alterna est simple en comparaison de celle des doubles fosses. Le maintien de leur contenu hermétiquement fermé pendant au moins un an permet d'obtenir un matériau plus sûr et plus simple à manipuler. L'humus provenant de la Fossa Alterna doit être manipulé avec les mêmes précautions que celles recommandées pour la manipulation du compost.

Exploitation Lorsque la première fosse est mise en service, une couche de feuilles doit être disposée sur le sol. Ensuite, il faudra ajouter périodiquement d'autres feuilles pour augmenter la porosité et la présence d'oxygène. Lorsque des fèces parviennent dans la fosse, il faut déposer une petite quantité de terre, de cendres et/ou de feuilles. De temps à autre, le matériau accumulé sous les toilettes

doit être repoussé sur les côtés de la fosse pour optimiser l'utilisation de l'espace.

À la différence de la fosse unique améliorée ou pas (S.2, S.3), qui doivent être couvertes ou vidangées, le matériau de la Fossa Alterna sera utilisé comme amendement de sol. Il est donc très important qu'aucun détritux ne vienne encombrer la fosse.

La vidange de la Fossa Alterna est plus facile que celle des autres fosses : elles sont moins profondes et en raison de l'ajout de terre, de cendres et/ou de feuilles, leur contenu est moins compact. Le matériau ôté n'est pas déplaisant et présente un risque de contamination moindre. La vidange du contenu des fosses dépend de leurs dimensions, mais ne devrait pas être effectuée plus d'une fois par an.

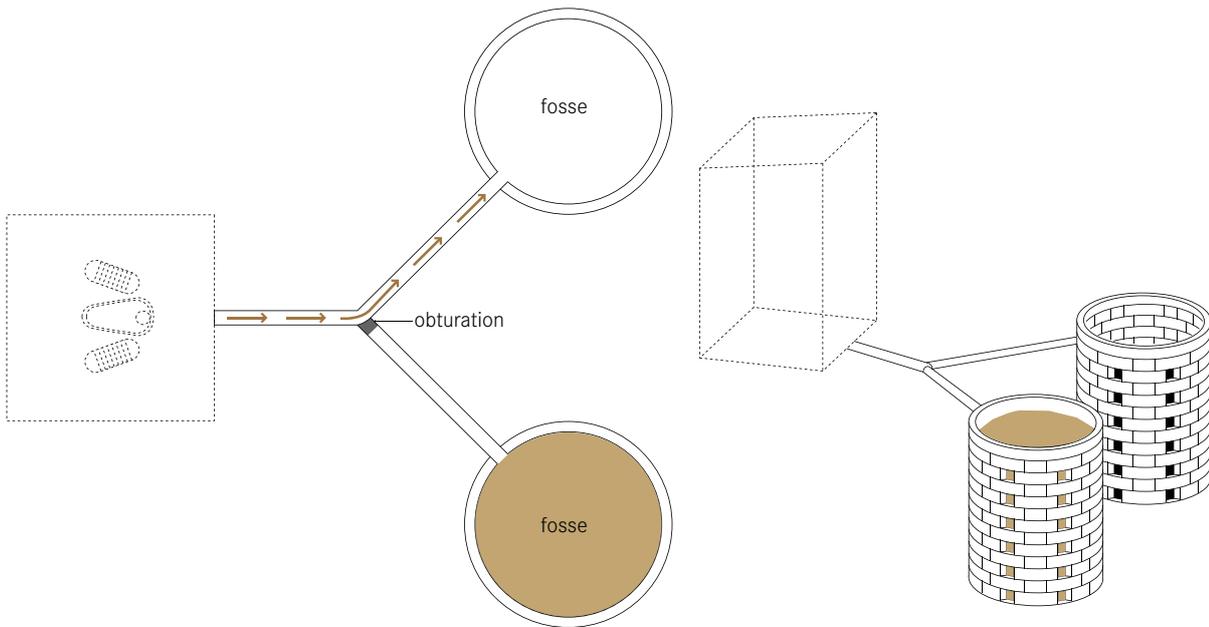
Avantages et inconvénients

- + Les fosses étant utilisées en alternance, leur durée de vie est presque illimitée
- + L'extraction de l'humus est plus facile que celle des boues de vidange
- + Réduction importante du nombre d'agents pathogènes
- + Génération d'humus riche en nutriments, possédant un bon potentiel d'amendement de sol
- + Mouches et odeurs significativement moindres (que dans le cas des fosses non ventilées)
- + Peuvent être construites et réparées avec des matériaux disponibles sur place
- + Coût d'investissement faible (mais variable) et dépendant des matériaux ; coûts de fonctionnement faibles ou inexistantes en cas d'auto-vidange
- Nécessitent une source constante de matériau de recouvrement
- Retrait manuel de l'humus
- L'ajout de détritux peuvent anéantir la possibilité d'utilisation du produit sortant

Références et lectures complémentaires

- Morgan, P. R. (2007). *Latrines à compost. Des latrines hygiéniques à faible coût qui produisent du compost pour l'agriculture dans un contexte africain*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, Suède.
Disponible à : www.ecosanres.org
- Morgan, P. R. (2009). *Ecological Toilets. Start Simple and Upgrade from Arborloo to VIP*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Disponible à : www.ecosanres.org

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Eaux noires  Eaux grises
 Ménages  Voisinage  Ville	 Ménages  Partagé  Public	Produits sortants :  Humus



Cette technologie comporte deux fosses en alternance reliées à des toilettes à chasse manuelle (U.4). Les eaux noires (et dans certains cas, les eaux grises) sont collectées dans les fosses et s'infiltrent lentement dans le sol environnant. Au bout d'un certain temps, les solides, suffisamment déshydratés, peuvent être extraits manuellement à l'aide d'une pelle.

La technologie de la double fosse associée à des toilettes à chasse manuelle peut être utilisée de diverses façons ; les toilettes peuvent être situées directement au-dessus des fosses, ou à une petite distance. La superstructure peut demeurer en permanence au-dessus des deux fosses, ou être déplacée de l'une à l'autre, pour suivre celle qui est en service. Mais quel que soit le schéma retenu, seule une fosse est utilisée. Pendant qu'elle se remplit, l'autre fosse est au repos.

Lorsque le liquide coule de la fosse à travers la matrice de sol non saturé, les germes pathogènes migrent dans le sol et y sont absorbés. De cette façon, ils peuvent être retenus avant le contact avec l'eau souterraine. Le degré de rétention dépend du type de sol, de la distance parcourue, de l'humidité et d'autres facteurs environnementaux.

La différence entre cette technologie et la VIP double fosse (S.4) ou la Fossa Alterna (S.5) réside dans la présence d'eau ; en outre, il n'est pas nécessaire d'ajouter de la terre ou des composés organiques dans les fosses. Cette tech-

nologie fonctionnant avec de l'eau (humide), il convient de laisser reposer les fosses pleines plus longtemps (un délai de deux ans est recommandé), pour que le matériau se dégrade et pouvoir l'extraire en toute sécurité.

Éléments à prendre en compte pour la conception La taille des fosses doit être suffisante pour recevoir la quantité de déchets produite en un à deux ans. De cette façon, le contenu de la fosse qui est pleine sera au repos suffisamment longtemps pour être transformé en une matière partiellement assaini et semblable à de la terre, qui peut être extraite manuellement.

Il est recommandé de construire les fosses jumelles à 1 m l'une de l'autre pour minimiser la contamination croisée entre la fosse au repos et celle qui est en service. Il est également conseillé de les construire à plus de 1 m de toute fondation de bâtiment, car le percolat peut être nuisible à la structure du bâtiment. L'eau contenue dans la fosse peut nuire à sa stabilité. C'est pourquoi les parois des fosses doivent être maçonnées sur toute leur longueur, pour éviter un effondrement ; et les 30 cm supérieurs doivent être maçonnés au mortier pour éviter une infiltration directe et soutenir la superstructure.

Il existe un risque de pollution de l'eau souterraine lorsque les fosses sont situées dans des zones dans lesquelles la surface libre de la nappe est haute ou varie, et/ou lorsqu'il existe des fissures ou des crevasses dans le substratum

rocheux. Les propriétés du sol et de l'eau souterraine étant souvent inconnues, il est difficile d'estimer la distance nécessaire entre une fosse et une source d'eau. Il est généralement recommandé de prévoir une distance horizontale minimale de 30 m entre la fosse et la source, pour limiter l'exposition de l'eau à la contamination microbienne.

Pour garantir que seule une des deux fosses est en service, la canalisation de raccordement à la fosse au repos doit être obturée (avec du ciment ou des briques). Autre option, les toilettes peuvent aussi être connectées directement à la fosse en service par une simple canalisation droite maintenue par du mortier léger et recouverte de terre. Pour minimiser le risque de panne ou de mauvais emploi, il convient de veiller à ce que le raccordement et les canalisations ne soient pas facilement accessibles.

Adéquation La double fosse avec toilettes à chasse manuelle est une technologie permanente appropriée aux endroits dans lesquels on ne peut pas construire continuellement de nouvelles latrines. À condition que l'eau soit disponible, cette technologie est adaptée à presque toutes densités d'habitation. Cependant, il est déconseillé d'avoir un trop grand nombre de fosses humides dans un petit périmètre, car la capacité du sol peut ne pas suffire à absorber tout le liquide, entraînant un risque de saturation du sol. Pour que les fosses s'assèchent correctement, le sol doit posséder une bonne capacité d'absorption ; l'argile, les sols tassés ou rocheux ne sont pas appropriés. De même, cette technologie ne convient pas aux zones dans lesquelles la surface libre de la nappe est haute, ni à celles qui sont sujettes aux inondations.

Les eaux grises peuvent être cogérées dans les fosses avec les eaux noires, en particulier si elles sont en faible quantité et qu'aucun autre système de gestion de ces eaux n'est en place. De grandes quantités d'eau de chasse et/ou d'eaux grises peuvent entraîner un lessivage excessif dans la fosse, et par conséquent une possible contamination de l'eau souterraine. Le matériau, déshydraté et solide, est extrait manuellement des fosses (creusé, non pas pompé) ; par conséquent, il n'est pas nécessaire de disposer d'espace pour que des camions de vidange accèdent aux fosses.

Aspects sanitaires/acceptation Cette option d'assainissement est couramment acceptée ; mais certains risques sanitaires existent :

- le percolat peut contaminer l'eau souterraine ;
- l'eau stagnante des fosses peut accélérer la prolifération d'insectes ;
- les fosses risquent de tomber en panne et/ou de déborder en cas d'inondation.

Exploitation Les fosses doivent être vidées régulièrement (après la période de repos recommandée de deux ans), et il est nécessaire de prendre des précautions pour qu'elles ne soient pas inondées pendant les saisons pluvieuses. La vidange se fait manuellement à l'aide de pelles à long manche, en portant une protection personnelle appropriée.

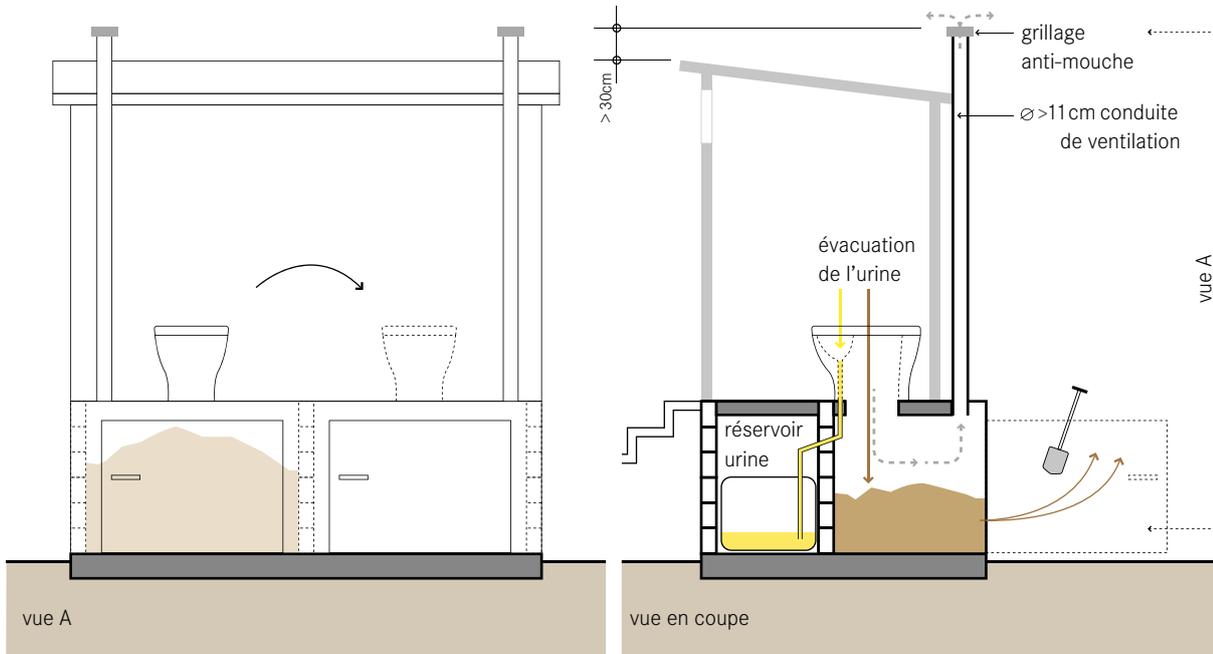
Avantages et inconvénients

- + Les fosses étant utilisées en alternance, leur durée de vie est presque illimitée
- + L'extraction de l'humus est plus facile que celle des boues de vidange
- + Réduction importante du nombre d'agents pathogènes
- + Le matériau fécal stocké peut être utilisé comme amendement de sol
- + Mouches et odeurs sensiblement moindres (que dans le cas des fosses sans siphon)
- + Peuvent être construites et réparées avec des matériaux disponibles sur place
- + Coût d'investissement (mais variable) et dépendant des matériaux ; coûts de fonctionnement faibles ou inexistant en cas d'auto-vidange
- + Ne nécessite qu'une petite superficie
- Retrait manuel de l'humus
- Obstruction fréquente en cas d'usage de matériau de nettoyage grossiers
- Risque de contamination de l'eau souterraine supérieur à celui des systèmes sans eau, en raison de la quantité plus élevée de percolat

Références et lectures complémentaires

- Franceys R., Pickford J. et Reed R. (1992). *Guide de l'assainissement individuel*. OMS, Genève, Suisse. Disponible à : <http://apps.who.int/iris/handle/10665/41707>
- Mara, D. D. (1985). *The Design of Pour-Flush Latrines*. UNDP Interregional Project INT/81/047, The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US. Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home
- Mara, D. D. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, UK.
- Roy, A. K., Chatterjee, P. K., Gupta, K. N., Khare, S. T., Rau, B. B. and Singh, R. S. (1984). *Manual on the Design, Construction and Maintenance of Low-Cost Pour-Flush Waterseal Latrines in India*. UNDP Interregional Project INT/81/047, The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US. Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Fèces (+  Matériaux de nettoyage sec)
 Ménages  Voisinage  Ville	 Ménages  Partagé  Public	Produits sortants :  Fèces séchés



Les chambres de déshydratation sont employées pour la collecte, le stockage et le séchage (déshydratation) des fèces. Les fèces ne se déshydratent que lorsque les bacs sont bien ventilés et étanches pour empêcher la pénétration de l'humidité externe, et quand les eaux de nettoyage anal et l'urine sont bien orientées hors des bacs.

Lorsque les fèces ne sont pas mélangées avec l'urine et d'autres liquides, elles sèchent rapidement. En l'absence d'humidité, les organismes ne peuvent pas se développer, les pathogènes sont détruits et les odeurs sont ainsi minimisées.

L'emploi de deux bacs alternés permet la déshydratation des fèces dans un bac pendant que l'autre bac se remplit. Quand un bac est plein, la toilette sèche à séparation des urines (UDDT, U.2) est déplacée vers le deuxième bac. Pendant le remplissage du deuxième bac, les fèces dans le premier bac sèchent et perdent du volume. Quand le deuxième bac est plein, le premier est vidé et remis en service.

Pour empêcher les mouches, minimiser les odeurs et encourager le séchage, une petite quantité de cendres, de chaux, de sol ou de sciure doit être utilisée afin de couvrir les fèces après chaque utilisation.

Éléments à prendre en compte pour la conception Les chambres de déshydratation peuvent être con-

struits à l'intérieur des maisons ou avec une superstructure distincte.

Une conduite de ventilation est requise pour éliminer l'humidité des bacs et contrôler les mouches et les odeurs. Les fosses doivent être hermétiques pour un fonctionnement approprié de la ventilation. Elles doivent être faites de briques scellées ou de béton, afin d'empêcher la pénétration du ruissellement de surface.

L'OMS recommande un délai de stockage minimal de 6 mois si des cendres ou de la chaux sont utilisées comme matériau de recouvrement (traitement alcalin), sans quoi le stockage doit être d'au moins 1 an pour des climats chauds (>20 °C en moyenne) et de 1,5 à 2 ans pour des climats plus froids.

Dans le cas d'un traitement alcalin, les dimensions de chaque bac sont adaptées pour recevoir des fèces pendant au moins 6 mois. Ceci revient à un délai de stockage et de déshydratation de 6 mois dans le bac au repos. Les dimensions du bac doivent tenir compte du matériau de recouvrement, des courants d'air, de la répartition inégale des fèces, et des visiteurs éventuels et des matériaux de nettoyage anal sec. On peut présumer qu'il faut environ 50 L de volume de stockage par personne et par semestre. Une hauteur de fosse minimale de 60 à 80 cm est recommandée afin de simplifier l'opération de vidage et de faciliter l'accès aux canalisations pour les urines.

Adéquation Les chambres de déshydratation peuvent être installées dans pratiquement toutes les configurations, des zones rurales aux zones urbaines denses, du fait de la petite surface de terrain qui est requise, des odeurs minimales et de la simplicité de leur utilisation. Utilisée dans un environnement urbain, cette technologie implique un service de transport des fèces séchés (et de l'urine), puisque les utilisateurs urbains n'ont normalement pas d'intérêt à l'utiliser localement ni la possibilité de le faire. Les chambres de déshydratation sont spécialement appropriées pour les zones où l'eau est rare et les zones rocheuses, et où le niveau de la nappe souterraine est haut. Elles sont également adaptées dans des zones qui sont fréquemment inondées, car elles sont bâties pour être étanches.

Aspects sanitaires/acceptation Les chambres de déshydratation peuvent constituer une technologie propre, confortable et simple à utiliser. Il est cependant essentiel que les utilisateurs soient bien formés pour comprendre le fonctionnement de la technologie et en apprécier les avantages. Quand les bacs sont maintenus au sec, il ne doit y avoir aucun problème de mouches ou d'odeurs. Après le délai de stockage recommandé, les fèces doivent être très sèches et relativement sûres à manipuler, à condition qu'elles n'aient pas été humidifiées. Cependant, un faible risque sanitaire subsiste. Les bacs ou récipients de déshydratation uniques ne permettent pas une déshydratation suffisante des fèces. Lorsqu'il faut vider le bac plein, les fèces du haut sont encore fraîches. Ainsi, le risque associé à la manipulation des fèces est supérieur dans des bacs uniques que dans des doubles bacs. Il est donc recommandé d'utiliser des bacs en alternance. Toutefois, des conteneurs scellés pour les fèces sont actuellement l'objet de recherches et d'essais sur le terrain en vue d'améliorer la sécurité du transport, le nettoyage, ainsi que la logistique associée.

Exploitation Tout comme les fèces qui sont séchées mais non dégradés dans les bacs, les matériaux de nettoyage anal sec ne se décomposent pas dans les fosses. Chaque fois que le produit est destiné à être appliqué dans les champs sans autre traitement, il est conseillé de recueillir et de stocker séparément les matériaux de nettoyage anal sec. Occasionnellement, il est nécessaire de pousser sur les côtés de la fosse les fèces qui se sont accumulées au droit des toilettes. Il est important d'empêcher la pénétration d'eau ou d'urine dans le bac de déshydratation. Dans le cas contraire, il est possible d'ajouter plus de cendres, de chaux, de sol ou de sciure pour aider à absorber le liquide.

Pour vider les bacs, une pelle, des gants et éventuellement un masque facial (chiffon) doivent être utilisés pour éviter tout contact avec les fèces séchées.

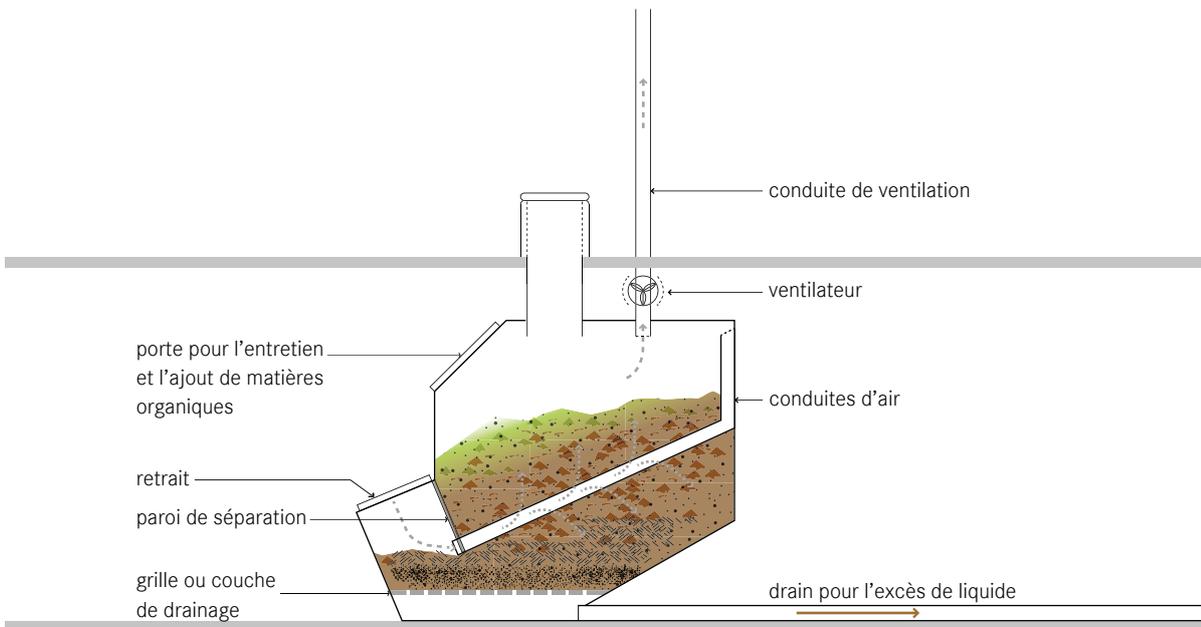
Avantages et inconvénients

- + Puisque le double bac est utilisé en alternance, sa durée de vie est pratiquement illimitée
- + Réduction significative des pathogènes
- + Possibilité d'utiliser les fèces séchées comme amendement de sol
- + Aucun problème réel d'odeurs ni de vecteurs (mouches) si la toilette UDDT est utilisée et entretenue correctement (c'est-à-dire maintenue sèche)
- + Peut être construit et réparé avec des matériaux locaux
- + Adapté pour des zones rocheuses et/ou inondables ou dans lesquelles le niveau de la nappe d'eau souterraine est élevé
- + Faible coût d'investissement (mais variable), selon les matériaux ; coûts d'exploitation nuls ou faibles si l'ouvrage est auto-vidé
- Requiert une formation et une acceptation pour être utilisé correctement
- Exige une source permanente de matériau de recouvrement
- Un retrait manuel des fèces séchées est requis

Références et lectures supplémentaires

- Deegener, S., Samwel, M. and Gabizon, S. (2006). *Urine Diverting Toilets. Principles, Operation and Construction*. Women in Europe for a Common Future, Utrecht, NL and Munich, DE.
Disponible à : www.wecf.de
(Photos et explications sur la manière de construire un double bac et sa superstructure)
- Rieck, C., von Münch, E. and Hoffmann, H. (2012). *Technology Review of Urine-Diverting Dry Toilets (UDDTs). Overview of Design, Operation, Management and Costs*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
Disponible à : www.susana.org/library
- Winblad, U. and Simpson-Hébert, M. (Eds.) (2004). *Ecological Sanitation*. Revised and Enlarged Edition. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Disponible à : www.ecosanres.org
(Description générale des conceptions et adaptations diverses, en particulier au Chapitre 3)
- WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture*. World Health Organization, Geneva, CH.
Disponible à : www.who.int

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
★★ Ménages ★ Voisinage □ Ville	★★ Ménages ★★ Partagé ★ Public	Excréments Fèces Composés organiques (+ Matériaux de nettoyage sec)
		Produits sortants :
		Compost Effluents



Le compostage désigne le processus par lequel des composants biodégradables sont décomposés biologiquement par des micro-organismes (principalement des bactéries et des champignons) dans des conditions aérobies. Une chambre de compostage est conçue pour convertir les excréments et les matières organiques en compost. Le compost est un produit stable et inoffensif qu'il est possible de manipuler en toute sécurité et d'utiliser comme amendement de sol.

Cette technologie implique généralement quatre parties principales : (1) un réacteur (fosse de stockage) ; (2) une unité de ventilation pour fournir de l'oxygène et permettre la libération des gaz (CO_2 , vapeur d'eau) ; (3) un système de collecte des percolats ; et (4) une porte d'accès pour enlever le produit après maturation.

Les excréments, les matières organiques, les déchets alimentaires et les matériaux complémentaires (comme les copeaux de bois, de la sciure, des cendres ou du papier) sont mélangés dans la fosse. Quatre facteurs permettent d'assurer un bon fonctionnement du système : (a) quantité suffisante d'oxygène, assurée par une aération active ou passive ; (b) humidité appropriée (dans l'idéal, une teneur en humidité de 45 à 70 %) ; (c) température interne (dans le tas) de 40 à 50 °C (obtenue grâce à des dimensions de fosse appropriées) ; et (d) un ratio carbone sur azote de

25:1 (en théorie), qu'il est possible d'ajuster en ajoutant du matériau complémentaire comme source de carbone.

Dans la pratique, ces conditions optimales sont difficiles à maintenir. En conséquence, le produit sortant n'est souvent pas suffisamment stabilisé et désinfecté et nécessite un traitement complémentaire.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Une chambre de compostage peut être conçue dans diverses configurations et construite au-dessus du sol ou en dessous, en intérieur ou avec une superstructure distincte.

Il est possible d'utiliser une valeur nominale de 300 L/personne/an pour calculer le volume de chambre requis.

Les canalisations de ventilation (conduites d'air) placées sous le tas peuvent être bénéfiques pour l'aération. Des conceptions plus complexes peuvent comprendre un petit ventilateur soufflant, un mélangeur mécanique ou des compartiments multiples pour augmenter le volume de stockage et le temps de dégradation. Un plan incliné et une fosse pour le retrait du compost facilitent l'accès au produit final. Un système de drainage est important pour assurer l'évacuation des percolats. L'excès d'ammoniacal provenant de l'urine inhibe les processus microbiens dans la chambre. L'utilisation d'une toilette sèche à séparation des urines (UDDT, U.2) ou d'un urinoir (U.3) peut donc améliorer la qualité du compost.

Adéquation Comme cette technologie est compacte et sans eau, elle convient particulièrement bien aux zones où l'espace et l'eau sont limités, ou quand le compost répond à un besoin. Il est également possible de l'installer dans des zones rocheuses ou dans des zones où le niveau de la nappe souterraine est élevé. Dans les climats froids, une chambre de compostage doit être installée en intérieur pour assurer que les températures basses n'entravent pas les processus microbiens. Il n'est pas possible d'utiliser cette technologie pour recevoir l'eau de nettoyage anal ou les eaux grises ; si le réacteur devient trop humide, les conditions anaérobies généreront des problèmes d'odeur et une dégradation incorrecte.

Aspects sanitaires/acceptation Si la chambre de compostage est bien conçue, les utilisateurs n'ont pas besoin de manipuler le matériau pendant la première année.

Une chambre de compostage efficace ne devrait pas émettre d'odeurs. S'il y a suffisamment de matériau complémentaire et si la ventilation est appropriée, il ne doit pas y avoir de problèmes de mouches ou d'autres insectes. Lors du retrait du produit final, il est conseillé de porter des vêtements de protection pour éviter tout contact avec la matière (partiellement) compostée.

Exploitation Bien que les fosses de compostage soient simples en théorie, leur utilisation n'est pas facile. L'humidité doit être contrôlée, le rapport carbone sur azote doit être bien équilibré et le volume de l'unité doit être tel que la température du tas de compost reste élevée pour obtenir une réduction des agents pathogènes. Après chaque défécation, une petite quantité de matériau complémentaire est ajoutée pour absorber l'excès de liquide, améliorer l'aération du tas et équilibrer la quantité de carbone disponible. Il est possible d'augmenter l'apport en oxygène en retournant le matériau de temps à autre.

On peut réaliser un test pour contrôler le niveau d'humidité à l'intérieur de la fosse. Lorsqu'on compresse une poignée de compost, il ne doit pas s'émietter ou sembler sec, ni donner l'impression d'une éponge humide. Le compost doit au contraire ne laisser que quelques gouttes d'eau dans la main. Si le matériau dans la fosse devient trop compact et humide, il faut ajouter plus de matériau de foisonnement. Si l'on utilise une UDDT, de l'eau doit être ajoutée pour obtenir l'humidité requise. Selon la conception, la chambre de compostage doit être vidée tous les 2 à 10 ans. Seul le compost mature doit être retiré. Le matériau peut nécessiter un traitement complémentaire pour devenir désinfecté (par exemple, le co-compostage ; consulter la section T.16).

Avec le temps, il se peut que du sel ou d'autres solides s'accumulent dans le bac ou le système de drainage. On peut les dissoudre avec de l'eau chaude et/ou les éliminer par grattage.

Avantages et inconvénients

- + Réduction significative des pathogènes
- + Le compost peut servir d'amendement de sol
- + Aucun problème réel de mouches ou d'odeurs si la chambre de compostage est utilisée et entretenue correctement
- + Les déchets organiques peuvent être gérés simultanément
- + Longue durée de service
- + Faibles coûts d'exploitation si le bac est auto-vidé
- Nécessite un utilisateur ou du personnel d'entretien bien formé pour la surveillance et l'entretien
- Le compost peut nécessiter un traitement supplémentaire avant son utilisation
- Les percolats nécessitent un traitement et/ou une évacuation appropriée
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Peut nécessiter certaines pièces particulières et un système électrique
- Exige une source permanente de matières organiques
- Un retrait manuel du compost est requis

Références et lectures supplémentaires

- Berger, W. (2011). *Technology Review of Composting Toilets. Basic Overview of Composting Toilets (with or without Urine Diversion)*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
Disponible à : www.susana.org/library
- Del Porto, D. and Steinfeld, C. (1999). *The Composting Toilet System Book. A Practical Guide to Choosing, Planning and Maintaining Composting Toilet Systems, an Alternative to Sewer and Septic Systems*. The Center for Ecological Pollution Prevention (CEPP), Concord, MA, US.
- Hill, G. B., Baldwin, S. A. and Vinnerås, B. (2013). *Composting Toilets a Misnomer: Excessive Ammonia from Urine Inhibits Microbial Activity yet Is Insufficient in Sanitizing the End-Product*. *Journal of Environmental Management* 119 (2013): 29-35.
- Jenkins, J. (2005). *The Humanure Handbook. A Guide to Composting Human Manure*. 3rd Ed. Jenkins Publishing, Grove City, PA, US.
- U.S. EPA (1999). *Water Efficiency Technology Fact Sheet. Composting Toilets*. EPA 832-F-99-066. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US.
Disponible à : www.epa.gov

Niveau d'application

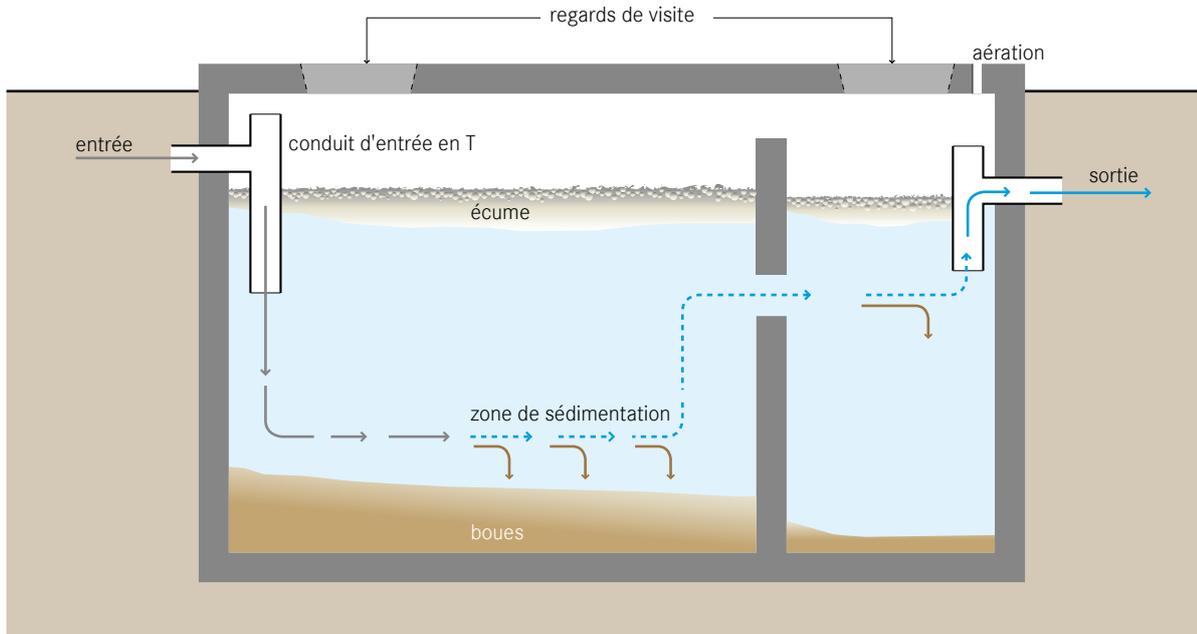
- ★★ Ménages
- ★★ Voisinage
- Ville

Niveau de gestion

- ★★ Ménages
- ★★ Partagé
- ★★ Public

Produits entrants : Eaux noires Eaux brunes Eaux grises

Produits sortants : Effluents Boues



Une fosse septique est une fosse étanche en béton, en fibre de verre, en PVC ou en plastique, par laquelle les eaux noires et les eaux brunes transitent pour un traitement primaire. Les processus de sédimentation et anaérobies réduisent les solides et les matières organiques, mais le traitement n'est que modéré.

Le liquide traverse la fosse et les particules lourdes se déposent au fond, tandis que l'écume (principalement les huiles et les graisses) flotte au sommet. Avec le temps, les solides qui se déposent au fond sont dégradés en anaérobiose. La vitesse d'accumulation est toutefois plus rapide que celle de la décomposition, et les accumulations de boues et d'écume doivent être régulièrement retirées. Les effluents de la fosse septique doivent être dispersés à l'aide d'un puits d'infiltration (D.7) ou d'un champ d'épandage (D.8), ou ils doivent être transportés vers un autre système de traitement par le biais d'un égout simplifié décanté (C.5).

En général, on peut prévoir une élimination de 50 % des matières solides, de 30 à 40 % de la DBO et une élimination de 1 unité-log des bactéries E. coli dans une fosse septique bien conçue et bien entretenue, bien que la performance varie considérablement selon le fonctionnement, l'entretien et les conditions climatiques.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Une fosse septique doit comporter au moins deux chambres. La première doit faire au moins 50 % de la longueur totale et, quand il n'y a que deux chambres, elle doit faire deux tiers de la longueur totale. La plupart des solides se déposent dans la première fosse. La séparation entre les chambres vise à empêcher l'écoulement de l'écume et des solides décaantés avec les effluents. Une conduite de sortie en T permet de réduire davantage les sorties d'écume et de solides.

L'accessibilité à toutes les chambres (par des regards de visite) est nécessaire pour l'entretien. Les fosses septiques doivent être ventilées pour une libération contrôlée des gaz odorants et potentiellement nocifs.

La conception d'une fosse septique dépend du nombre d'utilisateurs, de la quantité d'eau utilisée par personne, de la température moyenne annuelle, de la fréquence de soutirage des boues et des caractéristiques des eaux usées. Il faut un temps de rétention de 48 heures pour obtenir un traitement modéré.

Une aquaprivy est une variation de la fosse septique. Il s'agit d'un simple ouvrage de stockage et de décaantation, que l'on installe directement sous les toilettes afin que les excréments y tombent. L'aquaprivy présente une efficacité de traitement faible.

Adéquation Cette technologie est plus couramment appliquée au niveau des ménages. Des fosses septiques plus grandes à fosses multiples peuvent être conçues pour des groupes de logements et/ou des bâtiments publics (par exemple, des écoles).

Une fosse septique est appropriée lorsqu'il est possible de disperser ou de transporter les effluents sortants. Si des fosses septiques sont utilisées dans des zones de population dense, une infiltration sur la parcelle ne doit pas être utilisée, sans quoi le sol pourrait être sursaturé et contaminé, et les eaux usées pourraient remonter à la surface, ce qui poserait un risque sanitaire majeur. Les fosses septiques doivent plutôt être raccordées à un type de technologie de transport par laquelle les effluents sortants sont transportés vers un site de traitement. Bien que les fosses septiques soient étanches, il est déconseillé de les construire dans des zones où le niveau de la nappe d'eau souterraine est élevé ou dans des zones fréquemment inondées.

Comme les boues de la fosse septique doivent faire l'objet d'un soutirage régulier, un camion de vidange doit pouvoir accéder à l'emplacement. Les fosses septiques sont souvent installées dans la maison, sous la cuisine ou la salle de bain, ce qui en complique l'opération de vidange.

Il est possible d'installer des fosses septiques dans tout type de climat, bien que leur efficacité soit inférieure dans des climats froids. Elles ne sont pas efficaces pour éliminer les nutriments et les agents pathogènes.

Aspects sanitaires/acceptation Dans des conditions de fonctionnement normales, les utilisateurs doivent éviter tout contact avec les effluents entrants et sortants. Les effluents, l'écume et les boues doivent être manipulés prudemment, car ils contiennent des niveaux élevés d'organismes pathogènes.

Les utilisateurs doivent faire attention lors de l'ouverture de la fosse, parce que des gaz nocifs et inflammables pourraient en émaner.

Exploitation Du fait de la microbiologie sensible, il faut veiller à ne pas déverser des substances chimiques puissantes dans la fosse septique. Les niveaux d'écume et de boues doivent être surveillés pour assurer un fonctionnement adéquat de la fosse. En général, les fosses septiques

doivent être vidées tous les 2 à 5 ans. Cette opération se réalise plus facilement à l'aide d'une technologie de vidange et de transport motorisés (C.3), mais une vidange et un transport manuels (C.2) sont également possibles.

Les fosses septiques doivent être contrôlées de temps à autre pour en vérifier l'étanchéité.

Avantages et inconvénients

- + Technologie simple et robuste
- + Pas d'électricité requise
- + Faible coût d'exploitation
- + Longue durée de service
- + Petite surface de terrain requise (peut être construite sous terre)
- Faible réduction des pathogènes, des solides et des matières organiques
- Un soutirage régulier des boues est nécessaire
- Les effluents et les boues nécessitent un traitement complémentaire et/ou une évacuation appropriée

Références et lectures supplémentaires

- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US.
- Mara, D. D. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, UK.
(Calculs des dimensions, du volume et du vidage et exemple de solutions de conception – Chapitre 6)
- Oxfam (2008). *Septic Tank Guidelines*. Technical Brief. Oxfam GB, Oxford, UK.
Disponible à : policy-practice.oxfam.org.uk
- Polprasert, C. and Rajput, V. S. (1982). *Environmental Sanitation Reviews. Septic Tank and Septic Systems*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, TH. pp. 68-74.
(Manuel de conception complet)
- Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.

Niveau d'application

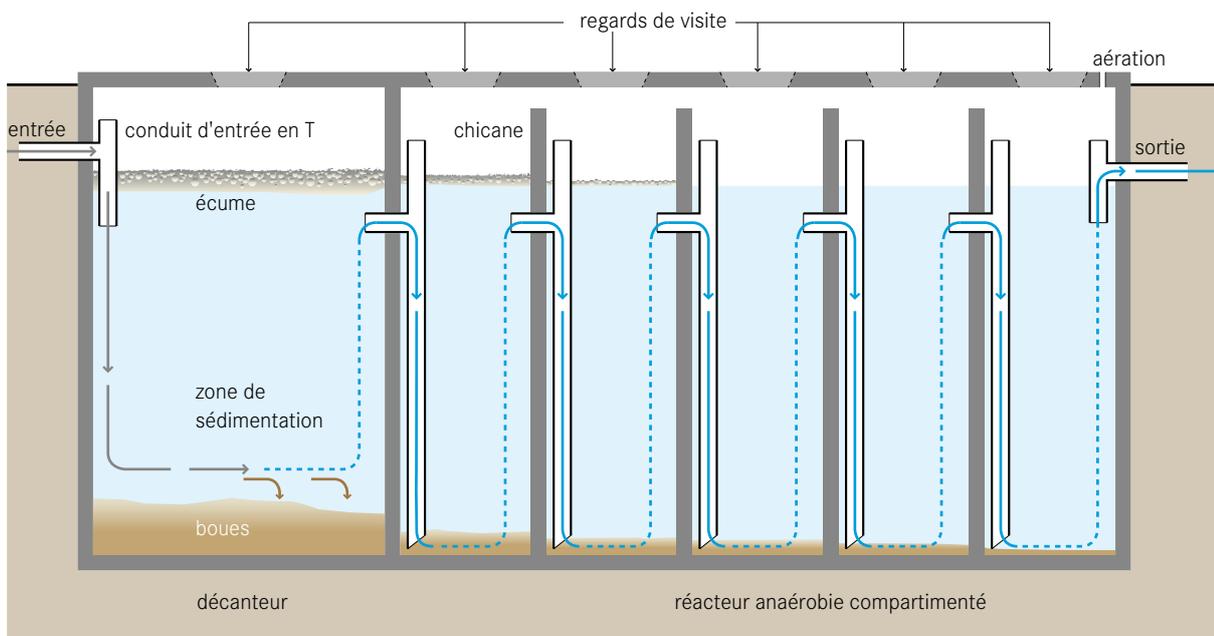
- ★ Ménages
- ★★ Voisinage
- Ville

Niveau de gestion

- ★ Ménages
- ★★ Partagé
- ★★ Public

Produits entrants : Eaux noires Eaux brunes Eaux grises

Produits sortants : Effluents Boues



Un réacteur anaérobie compartimenté (ou réacteur anaérobie à chicane) est une fosse septique (S.9) améliorée, équipée d'une série de chicanes à travers lesquelles l'écoulement des eaux usées est forcé. L'augmentation du temps de contact avec la biomasse active (boues) génère une amélioration du traitement.

Les fosses à flux ascendant permettent une amélioration de l'élimination et de la digestion des matières organiques. Une réduction jusqu'à 90 % de la DBO est possible, ce qui est largement supérieur aux résultats obtenus avec une fosse septique conventionnelle.

Éléments à prendre en compte pour la conception La majorité des matières décantables sont éliminées dans la fosse de décantation positionnée directement devant le réacteur anaérobie compartimenté. Des unités autonomes de petite taille possèdent un compartiment de décantation, mais la décantation peut aussi être réalisée dans un ouvrage de décantation (T.1) séparé, ou par le biais d'une autre technologie (par exemple, des fosses septiques existantes). Les conceptions sans compartiment de décantation (illustrées en T.3) présentent un intérêt particulier pour des stations de traitement (semi-)centralisées qui combinent le réacteur anaérobie compartimenté à une autre technologie

pour la décantation principale, ou dans le cas où l'on utiliserait des unités modulaires préfabriquées.

Les débits entrants possibles typiques vont de 2 à 200 m³ par jour. Les paramètres de conception critiques comprennent le temps de rétention hydraulique (de 48 à 72 heures), la vitesse ascensionnelle (inférieure à 0,6 m/h) et le nombre de compartiments à flux ascendant (de 3 à 6). Le raccordement entre les compartiments peut être réalisé par des conduites verticales ou des voiles en chicanes. L'accessibilité à tous les compartiments (par des regards de visite) est nécessaire pour l'entretien. En général, le biogaz produit dans un réacteur anaérobie compartimenté par le biais d'un processus de digestion anaérobie n'est pas recueilli du fait de sa faible quantité. La fosse doit être ventilée pour une libération contrôlée des gaz odorants et potentiellement nocifs.

Adéquation Cette technologie est facilement adaptable et il est possible de l'appliquer au niveau des ménages, dans de petits quartiers, voire dans des regroupements plus importants. Elle est mieux appropriée lorsqu'une quantité relativement constante d'eaux noires ou d'eaux grises est présente. Un réacteur anaérobie à compartimenté (semi-) centralisé est approprié s'il existe une technologie de transport pour les effluents sortants, comme un égout simplifié (C.4).

Cette technologie est adaptée pour des zones où la surface de terrain peut être faible, puisque la fosse est plus couramment installée sous terre et requiert une petite surface. Toutefois, un camion de vidange doit pouvoir accéder à l'emplacement, car les boues doivent être régulièrement soutirées (en particulier depuis la partie de décantation). Il est possible d'installer des réacteurs anaérobies compartimentés dans tout type de climat, bien que leur efficacité soit moindre dans des climats plus froids. Ils ne sont pas efficaces pour éliminer les nutriments et les agents pathogènes. Les effluents nécessitent généralement un traitement complémentaire.

Aspects sanitaires/acceptation Dans des conditions de fonctionnement normales, les utilisateurs doivent éviter tout contact avec les effluents entrants et sortants. Les effluents, l'écume et les boues doivent être manipulés prudemment, car ils contiennent des niveaux élevés d'organismes pathogènes. Les effluents contiennent des composés odorants qu'il faut éventuellement éliminer lors d'une étape de traitement supplémentaire. Il faut veiller à concevoir et à positionner l'installation de sorte que les odeurs ne dérangent pas les membres de la communauté.

Exploitation Un réacteur anaérobie compartimenté nécessite une période de démarrage de plusieurs mois pour atteindre sa pleine performance de traitement, car le développement lent de la biomasse anaérobie doit d'abord être établi dans le réacteur. Afin de réduire le délai de démarrage, on peut inoculer le réacteur anaérobie compartimenté avec des bactéries anaérobies, par exemple en ajoutant de la bouse de vache fraîche ou des boues de fosse septique. Le stock de bactéries actives qui est ajouté peut alors se développer et s'adapter aux eaux usées entrantes. Du fait de la présence d'agents biologiques sensibles, il faut veiller à ne pas déverser des substances chimiques puissantes dans le réacteur anaérobie compartimenté. Les niveaux d'écume et de boues doivent être surveillés pour assurer un fonctionnement adéquat. En général, l'ajustement du processus n'est pas nécessaire, et l'entretien se limite au retrait des boues et de l'écume accumulées, tous les 1 à 3 ans. Cette procédure est plus efficace à l'aide d'une technologie de vidange et transport motorisés (C.3). La fréquence de soutirage des boues dépend des étapes de prétraitement choisies, ainsi que de la conception du réacteur anaérobie compartimenté. Les fosses de réacteur anaérobie compartimenté doivent être contrôlées de temps à autre pour en vérifier l'étanchéité.

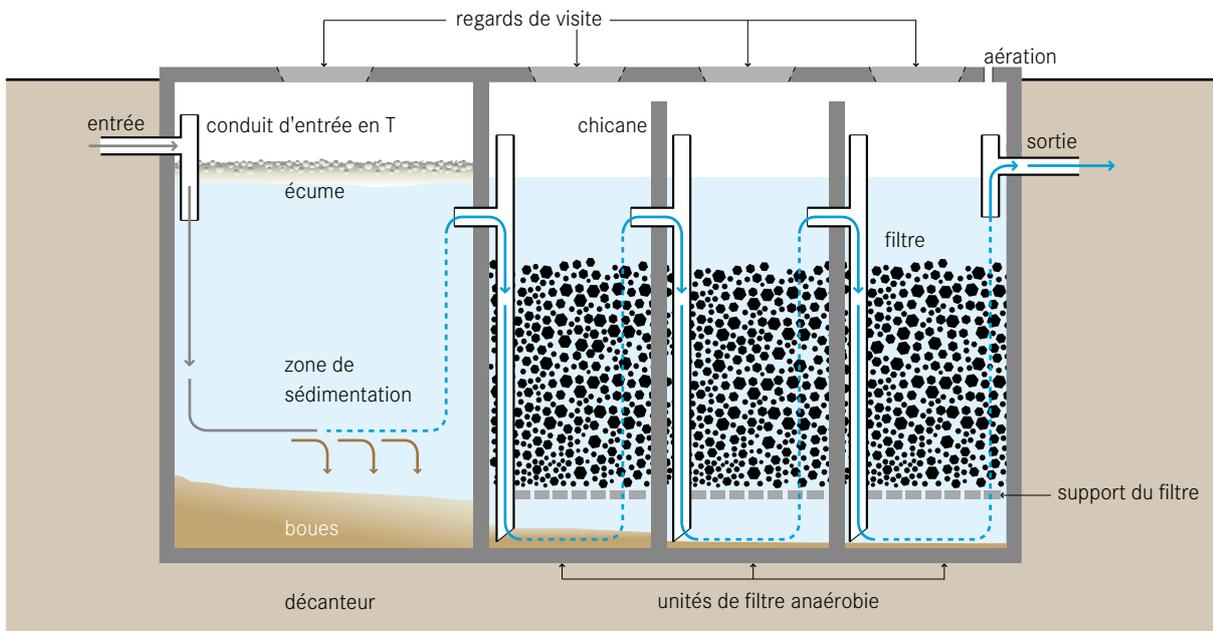
Avantages et inconvénients

- + Résiste aux surcharges de matières organiques et hydrauliques
- + Pas d'électricité requise
- + Faible coût d'exploitation
- + Longue durée de service
- + Réduction significative de la DBO
- + Production lente de boues ; les boues sont stabilisées
- + Petite surface requise (peut être construit sous terre)
- Requiert une conception et une construction spécialisées – faible réduction des agents pathogènes et des nutriments
- Les effluents et les boues nécessitent un traitement complémentaire et/ou une évacuation appropriée

Références et lectures supplémentaires

- Bachmann, A., Beard, V. L. and McCarty, P. L. (1985). *Performance Characteristics of the Anaerobic Baffled Reactor*. Water Research 19 (1): 99-106.
- Barber, W. P. and Stuckey, D. C. (1999). *The Use of the Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment: A Review*. Water Research 33 (7): 1559-1578.
- Foxon, K. M., Buckley, C. A., Brouckaert, C. J., Dama, P., Mtembu, Z., Rodda, N., Smith, M., Pillay, S., Arjun, N., Lalbahadur, T. and Bux, F. (2006). *Evaluation of the Anaerobic Baffled Reactor for Sanitation in Dense Peri-urban Settlements*. WRC Report No 1248/01/06, Water Research Commission, Pretoria, ZA. Disponible à : www.wrc.org.za
- Foxon, K. M., Pillay, S., Lalbahadur, T., Rodda, N., Holder, F. and Buckley, C. A. (2004). *The Anaerobic Baffled Reactor (ABR): An Appropriate Technology for on-Site Sanitation*. Water SA 30 (5) (Special Edition). Disponible à : www.wrc.org.za
- Stuckey, D. C. (2010). *Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment*. In: Environmental Anaerobic Technology. Applications and New Developments, H. H. P. Fang (Ed.), Imperial College Press, London, UK.
- Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<input type="checkbox"/> ★ Ménages <input type="checkbox"/> ★★ Voisinage <input type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> ★ Ménages <input type="checkbox"/> ★★ Partagé <input type="checkbox"/> ★★ Public	<input type="checkbox"/> Eaux noires <input type="checkbox"/> Eaux brunes <input type="checkbox"/> Eaux grises
		Produits sortants :
		<input type="checkbox"/> Effluents <input type="checkbox"/> Boues



Un filtre anaérobie est un réacteur biologique à culture fixée comportant une ou plusieurs unités de filtration en série. Lorsque les eaux usées transitent à travers le filtre, les particules sont piégées et la biomasse active fixée à la surface du matériau filtrant dégrade les matières organiques.

Avec cette technologie, l'élimination des matières solides en suspension et de la DBO peut atteindre jusqu'à 90 %, mais elle se situe généralement entre 50 % et 80 %. L'élimination de l'azote est limitée et ne dépasse généralement pas 15 % de la totalité de l'azote.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Un prétraitement et un traitement primaire sont essentiels pour éliminer les solides et les déchets qui pourraient colmater le filtre. La majorité des matières décantables sont éliminées dans une fosse de décantation placée devant le filtre anaérobie. Des unités autonomes de petite taille possèdent un compartiment de décantation, mais la décantation peut aussi être réalisée dans un décanteur (T.1) séparé ou par le biais d'une autre technologie (par exemple, des fosses septiques existantes). Les conceptions sans compartiment de décantation (illustrées en T.4) présentent un intérêt pour des stations de traitement (semi-)centralisées qui combinent le filtre anaérobie à d'autres technologies, comme au réacteur anaérobie compartimenté (T.3).

Les filtres anaérobies fonctionnent généralement en flux ascendant, car ils présentent moins de risques de lessivage de la biomasse épuratrice. Le niveau d'eau doit recouvrir l'élément filtrant d'au moins 0,3 m pour garantir un régime d'écoulement homogène. Le temps de rétention hydraulique est le paramètre de conception le plus important, qui influence l'efficacité du filtre. On recommande un temps de rétention hydraulique de 12 à 36 heures.

Le filtre idéal doit avoir une grande superficie afin de permettre le développement des bactéries, et une porosité suffisamment large pour éviter les obstructions. La superficie assure un contact accru entre la matière organique et la biomasse fixée qui la dégrade efficacement. Dans l'idéal le matériau doit présenter une superficie de 90 à 300 m² par m³ de volume de réacteur occupé. Les tailles habituelles du matériau du filtre vont de 12 à 55 mm de diamètre. Parmi les matériaux couramment utilisés figurent le gravier, des pierres ou des briques broyées, des parpaings, de la pierre ponce ou des morceaux de plastique spécialement formés, selon les disponibilités locales. Le raccordement entre les fosses peut être conçu par des conduites verticales ou des voiles en chicane. L'accessibilité à tous les compartiments (par des regards de visite) est nécessaire pour l'entretien. La fosse doit être ventilée pour une libération contrôlée des gaz odorants et potentiellement nocifs.

Adéquation Cette technologie est facilement adaptable et il est possible de l'appliquer au niveau des ménages, dans de petits quartiers, voire dans des regroupements plus importants. Elle est mieux appropriée lorsqu'une quantité relativement constante d'eaux noires ou d'eaux grises est présente. Il est possible d'utiliser le filtre anaérobie dans le cadre d'un traitement secondaire, afin de réduire le taux de charge de matières organiques pour une étape de traitement aérobie ultérieure ou pour un polissage.

Cette technologie est adaptée pour des zones où la surface de terrain peut être faible, puisque la fosse est plus couramment installée sous terre et requiert une petite surface. L'accessibilité par un camion de vidange est importante pour le soutirage des boues.

Il est possible d'installer des filtres anaérobies dans tout type de climat, bien que leur efficacité soit inférieure dans des climats plus froids. Ils ne sont pas efficaces pour éliminer les nutriments et les agents pathogènes. Selon le matériau du filtre, il est toutefois possible d'éliminer les œufs de vers. Les effluents nécessitent généralement un traitement complémentaire.

Aspects sanitaires/acceptation Dans des conditions de fonctionnement normales, les utilisateurs doivent éviter tout contact avec les effluents entrants ou sortants. Les effluents, l'écume et les boues doivent être manipulés prudemment, car ils contiennent des niveaux élevés d'organismes pathogènes. Les effluents contiennent des composés odorants qu'il faut éventuellement éliminer lors d'une étape de traitement supplémentaire. Il faut veiller à concevoir et à positionner l'installation de sorte que les odeurs ne dérangent pas les membres de la communauté.

Exploitation Un filtre anaérobie nécessite une période de démarrage de 6 à 9 mois pour atteindre sa pleine performance de traitement, car le développement lent de la biomasse anaérobie doit d'abord se faire sur l'élément filtrant. Afin de réduire le délai de démarrage, on peut inoculer le filtre avec des bactéries anaérobies, par exemple, en répandant des boues de fosse septique sur le matériau du filtre. Le débit entrant doit progressivement augmenter avec le temps. Du fait de la présence d'organismes microbiologiques sensibles, il faut veiller à ne pas déverser des substances chimiques puissantes dans le filtre anaérobie.

Les niveaux d'écume et de boues doivent être surveillés pour assurer un fonctionnement adéquat de la fosse. Avec le temps, les solides colmatent les pores du filtre. De plus,

la biomasse épuratrice va s'épaissir, elle se détachera et finira par colmater les pores. Lorsque son efficacité diminue, le filtre doit être nettoyé. Cela se fait en faisant fonctionner le système en mode inversé (lavage à contre-courant) ou par le retrait et le nettoyage du matériau filtrant. Les ouvrages de filtre anaérobie doivent être contrôlés de temps à autre pour en vérifier l'étanchéité.

Avantages et inconvénients

- + Pas d'électricité requise
- + Faible coût d'exploitation
- + Longue durée de service
- + Réduction significative de la DBO et des matières en suspension
- + Production lente de boues ; les boues sont stabilisées
- + Surface modérée requise (peut être construit sous terre)
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Faible réduction des pathogènes et des nutriments
- Les effluents et les boues nécessitent un traitement complémentaire et/ou une évacuation appropriée
- Risque de colmatage, selon le prétraitement et le traitement primaire
- Le retrait et le nettoyage le matériau filtrant colmaté est laborieux

Références et lectures supplémentaires

- Morel, A. and Diener, S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Ménages or Voisinages*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Disponible à : www.sandec.ch
(Synthèse courte comprenant des études de cas – p. 28)
- von Sperling, M. and de Lemos Chernicharo, C. A. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions, Volume One*. IWA Publishing, London, UK. pp. 728-804.
Disponible à : www.iwawaterwiki.org
(Instructions de conception détaillées)
- Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries*. A Practical Guide. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.
(Synthèse de conception, y compris des feuilles de calcul Excel pour les calculs de la conception)

Niveau d'application

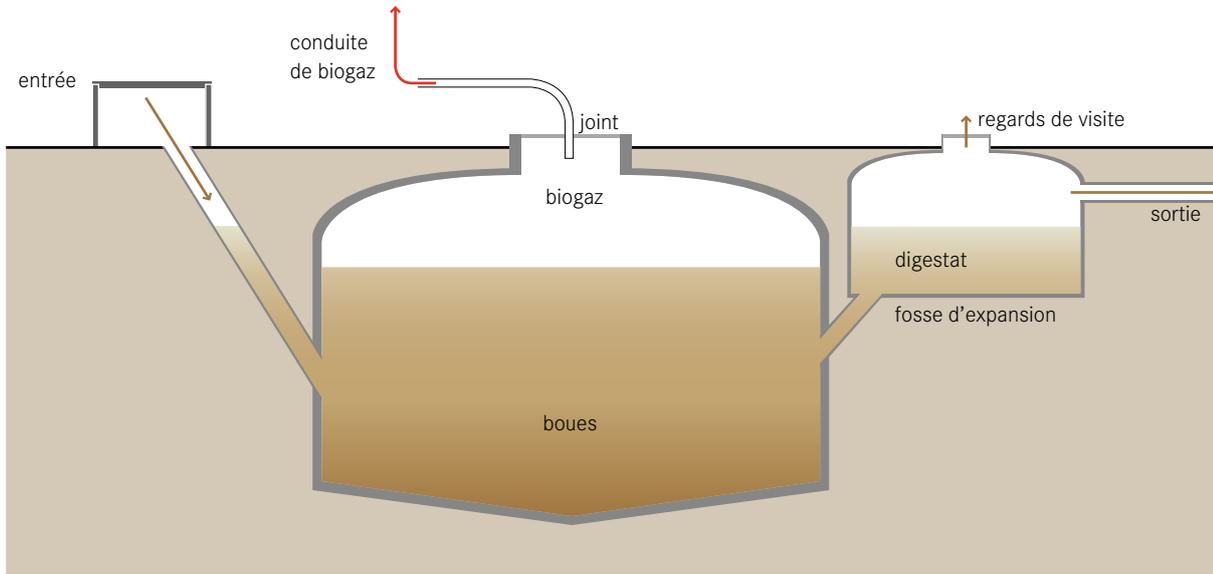
- ★★ Ménages
- ★★ Voisinage
- ★★ Ville

Niveau de gestion

- ★★ Ménages
- ★★ Partagé
- ★★ Public

Produits entrants : Boues Eaux noires
 Eaux brunes Composés organiques

Produits sortants : Boues Biogaz



Un réacteur à biogaz ou digesteur anaérobie est une technologie de traitement anaérobie qui produit (a) des boues digérées (digestat) qu'il est possible d'utiliser comme engrais et (b) un biogaz pouvant être utilisé comme énergie. Le biogaz est un mélange de méthane, de dioxyde de carbone et d'autres traces de gaz, qu'il est possible de convertir en chaleur, en électricité ou en lumière.

Un réacteur à biogaz est une fosse hermétique qui facilite la dégradation anaérobie des eaux noires, des boues et/ou des déchets biodégradables. Il facilite également la collecte du biogaz produit lors des processus de fermentation dans le réacteur. Le gaz se forme dans les boues et s'accumule au sommet de la fosse, en mélangeant les boues à mesure qu'il monte. Le digestat est riche en matières organiques et en nutriments, pratiquement sans odeur, et les agents pathogènes sont partiellement inactivés.

Éléments à prendre en compte pour la conception Les réacteurs à biogaz peuvent être des dômes construits en brique ou des réservoirs préfabriqués, qui sont installés au-dessus du sol ou en dessous, selon l'espace, les caractéristiques du sol, les ressources disponibles et le volume de déchets généré. Il est possible de les construire sous forme de digesteurs à dôme fixe ou à dôme flottant.

Dans la configuration à dôme fixe, le volume du réacteur est constant. Lorsque le gaz est généré, il exerce une pression et pousse les boues dans une fosse d'expansion. Une fois que le gaz est retiré, les boues retournent au réacteur. Il est possible d'utiliser la pression pour acheminer le biogaz par des conduites. Dans un réacteur à dôme flottant, le dôme monte et descend avec la génération et le retrait de gaz. Dans d'autres configurations, il peut se dilater (comme un ballon). Afin de minimiser les pertes dans la distribution, les réacteurs doivent préférentiellement être installés à proximité du point d'utilisation du gaz.

Il faut un temps de rétention hydraulique dans le réacteur d'au moins 15 jours dans des climats chauds et de 25 jours dans des climats tempérés. Dans le cas de produits entrants hautement pathogènes, il faut prévoir une période de 60 jours. Normalement, les réacteurs à biogaz fonctionnent dans une plage de températures mésophiles de 30 à 38 °C. Une température thermophile de 50 à 57 °C assurerait la destruction des pathogènes, mais cela n'est possible qu'en chauffant le réacteur (bien que dans la pratique, on ne le réalise que dans les pays industrialisés). Souvent, les réacteurs à biogaz sont raccordés directement à des toilettes privées ou publiques avec un point d'accès supplémentaire pour les matières organiques. Au niveau des ménages, les réacteurs peuvent être fabriqués à partir de conteneurs en plastique ou en briques. Les tailles peuvent

varier de 1 000 L pour une seule famille à 100 000 L pour des toilettes institutionnelles ou publiques.

Du fait que la production de digestat est continue, il est nécessaire de prendre des mesures pour son stockage, son utilisation et/ou son transport hors du site.

Adéquation Il est possible d'appliquer cette technologie au niveau des ménages, dans de petits quartiers ou pour la stabilisation des boues de grandes stations de traitement des eaux usées. Il est préférable de l'utiliser dans des situations permettant une alimentation régulière. Souvent, un réacteur à biogaz est utilisé en remplacement d'une fosse septique (S.9), car il offre un niveau similaire de traitement, avec l'avantage du biogaz en plus. Il n'est toutefois pas possible de générer beaucoup de gaz si le produit entrant n'est constitué que des eaux noires. On obtient les niveaux les plus élevés de génération de biogaz avec des substrats concentrés riches en matières organiques, comme le fumier animal et les déchets organiques provenant des marchés ou des déchets ménagers. Si le fumier est la principale source d'alimentation, il peut être efficace pour codigérer les eaux noires d'un seul ménage. Il ne faut pas ajouter d'eaux grises, car elles réduisent nettement le temps de rétention hydraulique. Le bois et la paille sont difficiles à dégrader et devront donc être évités dans le substrat.

Les réacteurs à biogaz sont moins bien adaptés pour des climats plus froids, car la vitesse de conversion des matières organiques en biogaz est très lente à des températures inférieures à 15 °C. En conséquence, le temps de rétention hydraulique doit être plus long et il faut considérablement augmenter le volume de l'ouvrage.

Aspects sanitaires/acceptation Le digestat est partiellement traité, mais il présente encore un risque d'infection. Selon son utilisation finale, un traitement complémentaire peut être nécessaire. Les gaz inflammables posent également des risques, car, s'ils sont mal gérés, ils pourraient être nocifs pour la santé des personnes.

Exploitation Si la conception et la construction du réacteur sont correctes, les réparations doivent être minimales. Pour démarrer le réacteur, il faut l'inoculer avec des bactéries anaérobies, par exemple en ajoutant de la bouse de vache ou des boues de fosse septique. Les déchets organiques utilisés comme substrat doivent être déchetés et mélangés à de l'eau ou du digestat avant de les introduire dans le réacteur.

Les équipements pour le gaz doivent être soigneusement et régulièrement nettoyés pour empêcher la corrosion et les fuites. Il faut retirer les gravillons et le sable qui se sont déposés au fond de l'ouvrage. Selon la conception et les produits entrants, le réacteur doit être vidé tous les 5 à 10 ans.

Avantages et inconvénients

- + Génération d'énergie renouvelable
- + Petite surface de terrain requise (la plus grande partie de la structure peut être construite sous terre)
- + Pas d'électricité requise
- + Conservation des nutriments
- + Longue durée de service
- + Faible coût d'exploitation
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Comme l'élimination des pathogènes est incomplète, le digestat peut nécessiter un traitement complémentaire
- Production de gaz limitée à des températures inférieures à 15 °C

Références et lectures supplémentaires

- CMS (1996). *Biogas Technology: A Training Manual for Extension*. FAO/TCP/NEP/4451-T. Consolidated Management Services, Kathmandu, NP.
Disponible à : www.fao.org
- GTZ (1998). *Biogas Digest. Volume I-IV*. Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT). Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, DE.
Disponible à : www.susana.org/library
- Mang, H.-P. and Li, Z. (2010). *Technology Review of Biogas Sanitation. Draft – Biogas Sanitation for Blackwater, Brown Water, or for Excreta Treatment and Reuse in Developing Countries*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
Disponible à : www.susana.org/library
- Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.
- Vögeli, Y., Lohri, C. R., Gallardo, A., Diener, S. and Zurbrugg, C. (2014). *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries. Practical Information and Case Studies*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Disponible à : www.sandec.ch

Les technologies présentées dans cette section portent sur les produits générés au niveau de l'interface utilisateur ou par la technologie de collecte et de stockage/traitement sur site, en les retirant et/ou en les transportant vers une technologie de traitement (semi-)centralisée, de valorisation et/ou de stockage hors site. Il s'agit de technologies d'égouts (C.4–C.6) ou de technologies de vidange et de transport motorisés ou manuels (C.1–C.3, C.7).

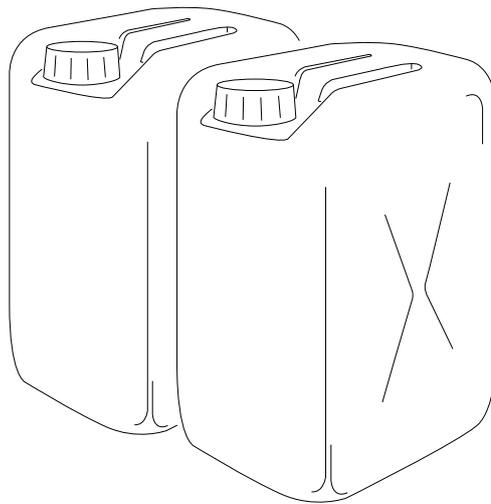
- C.1 Jerrycan/réservoir
- C.2 Vidange et transport manuels
- C.3 Vidange et transport motorisés
- C.4 Égout simplifié
- C.5 Égout simplifié décanté
- C.6 Égout conventionnel gravitaire
- C.7 Station de transfert (réservoir enterré)

Quel que soit le contexte, le choix en matière de technologie dépend généralement des facteurs suivants :

- Type et quantité de produits à transporter
- Distance à parcourir
- Accessibilité
- Topographie
- Caractéristiques du sol et de l'eau souterraine
- Ressources financières
- Disponibilité d'un prestataire de service
- Considérations en matière de gestion



Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants/sortants :
<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input type="checkbox"/> Voisinage <input type="checkbox"/> Ville	<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	<input type="checkbox"/> Urine <input checked="" type="checkbox"/> Urine stockée



Les jerrycans sont des récipients légers en plastique aisément disponibles, et qu'une seule personne peut facilement transporter. Lorsqu'ils sont scellés, il est possible de les utiliser pour stocker ou transporter de l'urine en toute sécurité.

On peut recueillir l'urine dans des jerrycans ou les remplir avec l'urine récupérée dans des réservoirs de stockage (S.1) pour les transporter vers des parcelles agricoles ou dans une installation de stockage centrale. Si les systèmes avec séparation des urines sont répandus, une microentreprise peut se spécialiser dans la collecte et le transport de jerrycans, par exemple à l'aide de bicyclettes, d'ânes, de chariots ou de camionnettes.

Éléments à prendre en compte pour la conception En moyenne, une personne produit environ 1,2 L d'urine par jour ; mais cette quantité peut varier considérablement selon le climat et la consommation de liquides. Une famille de 5 personnes peut prévoir remplir un jerrycan de 20 L d'urine en approximativement 3 à 4 jours. On peut le stocker sur place ou le transporter immédiatement. Si le jerrycan est directement raccordé à la toilette ou à l'urinoir par une conduite, on doit prendre soin de réduire au minimum la longueur de la conduite pour que les précipités ne s'accumulent pas. Les tuyaux doivent avoir une

penne suffisante (supérieure à 1 %), sans angle aigu, et des diamètres larges. Ils doivent être facilement accessibles en cas d'obstruction.

Du fait que les jerrycans se remplissent rapidement et parce qu'il faut fréquemment les échanger ou les vider, l'utilisation d'un grand réservoir/container doit être préférée pour recueillir l'urine. Il est alors possible de remplir des jerrycans avec l'urine stockée (par exemple, à l'aide d'une petite pompe) et de la transporter aux champs.

Adéquation Un jerrycan bien scellé constitue un moyen efficace de transporter de l'urine sur de courtes distances. Cette méthode est bon marché, simple à nettoyer et réutilisable. Ce type de transport n'est adapté que pour des zones où les points de production et d'utilisation (c'est-à-dire les habitations et les champs) sont proches, et où les quantités d'urine produites sont relativement faibles. Sinon, un système de collecte et de distribution plus formalisé et plus efficace est nécessaire. Par exemple, dans le cas d'implantations ou de communautés équipées de systèmes avec séparation des urines, il peut être plus approprié de disposer d'un grand réservoir de stockage d'urine qu'il est possible de vider par exemple via une vidange et un transport motorisés (C.3).

On peut utiliser des jerrycans dans des environnements froids (où l'urine gèle) à condition de ne pas les remplir

complètement. Au cours des mois plus chauds, l'urine stockée pourra être utilisée selon les besoins agricoles.

Aspects sanitaires/acceptation Les personnes qui changent ou vident des jerrycans sont exposées à des risques sanitaires faibles, puisque l'urine est normalement stérile. Le transport des jerrycans pose également peu de risques sanitaires, car ils sont très bien scellés. Bien que le transport d'un jerrycan ne soit pas nécessairement l'activité la plus agréable, c'est probablement plus pratique et moins coûteux que de vidanger une fosse.

Dans certaines régions, l'urine présente une valeur économique alors qu'elle peut parfois être recueillie gratuitement auprès des ménages. Les familles qui consacrent du temps à transporter et à utiliser leur propre urine peuvent se voir récompensées par une augmentation de leur production agricole, une amélioration de leur nutrition et/ou une hausse de leurs revenus.

Exploitation Afin de minimiser le développement de bactéries, l'accumulation de boues et les odeurs désagréables, les jerrycans doivent être fréquemment lavés. Du fait de préoccupations en matière de sécurité et de difficultés de transport, aucun autre liquide (comme des eaux noires ou des eaux grises) ne doit être transporté dans des jerrycans.

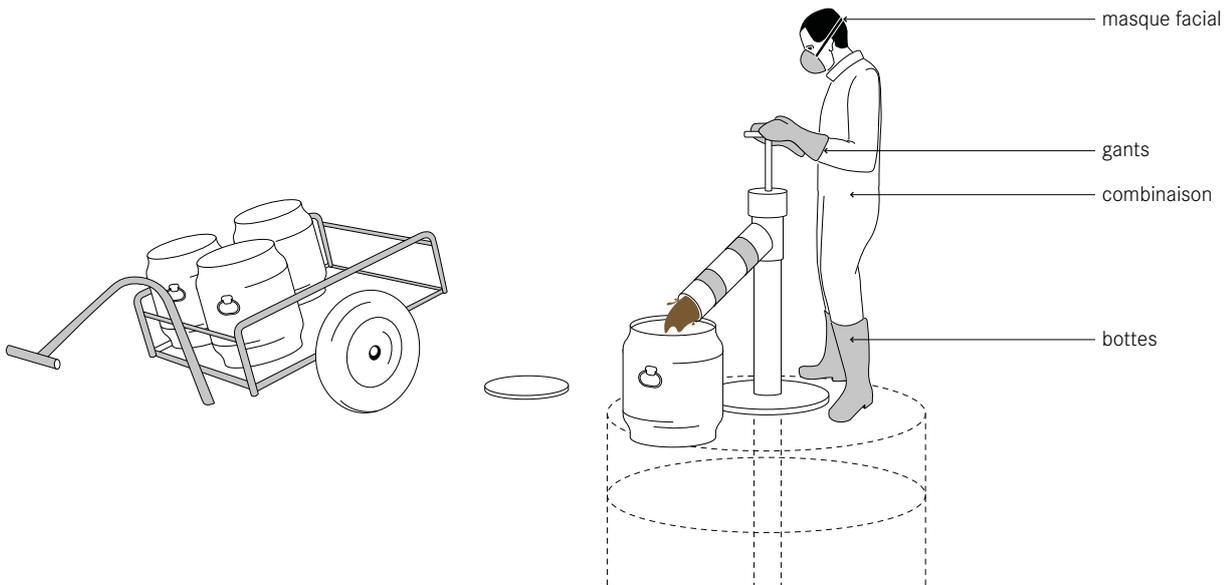
Avantages et inconvénients

- + Les jerrycans sont très répandus et solides
- + Faibles coûts d'investissement et d'exploitation
- + Possibilités de création d'emplois locaux et de génération de revenus
- + Simples à nettoyer et réutilisables
- + Faible risque de transmission d'agents pathogènes
- + Lourds à transporter
- Des déversements peuvent survenir
- Odeur moyenne à forte lors du remplissage et du vidage des jerrycans (selon les conditions de stockage)

Références et lectures supplémentaires

- von Münch, E. and Winker, M. (2011). *Technology Review of Urine Diversion Components. Overview of Urine Diversion Components Such as Waterless Urinals, Urine Diversion Toilets, Urine Storage and Reuse Systems*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE. Disponible à : www.susana.org/library
- Richert, A., Gensch, R., Jönsson, H., Stenström, T. A., and Dagerskog, L. (2010). *Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production*. EcoSanRes, Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Disponible à : www.susana.org/library
- Rieck, C., von Münch, E. and Hoffmann, H. (2012). *Technology Review of Urine-Diverting Dry Toilets (UDDTs). Overview of Design, Operation, Management and Costs*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE. Disponible à : www.susana.org/library
- WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture*. World Health Organization, Geneva, CH. Disponible à : www.who.int

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants/sortants :
<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input type="checkbox"/> Ville	<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	<input type="checkbox"/> Boues <input checked="" type="checkbox"/> Fèces séchées <input checked="" type="checkbox"/> Compost <input type="checkbox"/> Humus



La vidange et le transport manuels désignent différentes méthodes par lesquelles les gens peuvent vider et/ou transporter manuellement les boues et les produits solides générés dans des installations d'assainissement à la parcelle.

Il existe deux méthodes de vidange manuelle des fosses, bacs et chambres :

- 1) utilisation de seaux et de pelles ou
- 2) utilisation d'une pompe manuelle transportable spécialement conçue pour les boues (par exemple, Gulper, Rammer, MDHP ou MAPET).

Certaines technologies d'assainissement ne permettent qu'une vidange manuelle, comme par exemple la Fossa Alterna (S.5) ou les chambres de déshydratation (S.7). Ces technologies impliquent une vidange à la pelle, car le matériau est solide et il n'est pas possible de le retirer par aspiration ou pompage.

Lorsque les boues sont visqueuses ou aqueuses, il faut préférentiellement les vidanger à l'aide d'une pompe à main ou d'un camion de vidange, et non pas avec des seaux, en raison du risque élevé d'effondrement de fosse, des émanations toxiques et de l'exposition à des boues non assainies.

Les pompes à boue manuelles sont des inventions relativement nouvelles et elles se sont avérées prometteuses en tant que solutions peu coûteuses et efficaces pour vidanger les boues en des endroits où, pour des raisons d'accès, de sécurité ou des raisons économiques, d'autres techniques de vidange ne sont pas possibles.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Les pompes à boue manuelles, comme la Gulper, fonctionnent selon le même concept que les pompes à eau manuelles : on fait descendre l'extrémité du tuyau dans la fosse, tandis que l'opérateur reste à la surface. Lorsque l'opérateur pousse et tire sur la poignée, les boues sont pompées vers le haut, puis elles sont déversées par l'orifice de sortie. Il est possible de recueillir les boues dans des tonneaux, des sacs ou des chariots, et de les évacuer du site pratiquement sans risques pour l'opérateur. Les pompes à main peuvent être fabriquées localement avec tiges d'acier et des vannes en PVC.

Une MAPET (Manual Pit Emptying Technology, technique manuelle de vidange de fosse) comprend une pompe manuelle raccordée à une cuve en dépression montée sur une charrette. Un tuyau est raccordé à la cuve et permet d'aspirer les boues de la fosse. Lorsqu'on fait tourner la roue de la pompe manuelle, l'air est évacué hors de la cuve en dépression et les boues sont aspirées vers le haut dans la cuve. Selon la consistance des boues, la technologie MAPET est capable de pomper jusqu'à une hauteur de 3 m.

Adéquation Les pompes à main peuvent être utilisées pour des boues liquides et, dans une certaine mesure, des boues visqueuses. La présence d'ordures ménagères dans la fosse complique considérablement la vidange. Le pom-

page de boues qui contiennent des déchets solides épais ou de la graisse, peut entraîner une obstruction du dispositif et les additifs chimiques peuvent corroder les canalisations, les pompes et les cuves. La pompe à main constitue une méthode considérablement améliorée par rapport celle du seau, et elle pourrait représenter des possibilités commerciales viables dans certaines régions. Les pompes à boues manuelles sont adaptées pour des zones qui ne sont pas desservies par des camions de vidange ou auxquelles ceux-ci ne peuvent pas accéder, ou encore si la vidange des camions de vidange y est trop chère. Elles sont bien adaptées pour des milieux denses, urbains et informels, bien que le type et la taille de véhicule de transport déterminent la distance qu'il est capable de parcourir jusqu'au point de dépôtage. Il est possible que de gros véhicules ne puissent pas passer dans des rues étroites et des allées, alors que des véhicules plus petits pourraient ne pas pouvoir parcourir de longues distances. Ces technologies sont plus pratiques lorsqu'il y a une station de transfert à proximité.

Aspects sanitaires/acceptation Selon les facteurs culturels et le soutien politique, les travailleurs chargés des vidanges manuelles peuvent être considérés comme fournissant un service important à la communauté. Les programmes gouvernementaux devraient s'efforcer de légitimer leur travail et créer un environnement favorable en fournissant des permis et des licences, ainsi qu'en aidant à légaliser la pratique de vidange manuelle des latrines. L'aspect le plus important de la vidange manuelle consiste à s'assurer que les travailleurs sont protégés de manière appropriée avec des gants, des bottes, des combinaisons et des masques faciaux. Des examens médicaux et des vaccins réguliers devraient être requis pour toute personne qui travaille avec les boues.

Exploitation Il est courant d'ajouter des substances chimiques ou de l'essence lors du processus de vidange d'une fosse pour éviter les odeurs. Cette pratique n'est toutefois pas recommandée, car elle génère des problèmes dans les unités de traitement et pose des risques supplémentaires pour la santé des travailleurs. Si un accès manuel au contenu d'une fosse nécessite de démolir la dalle, il peut être plus rentable d'utiliser une pompe à boues manuelle pour vider la latrine. Comme les pompes à main ne peuvent toutefois pas vider l'intégralité d'une fosse, il peut être nécessaire de la vidanger plus fréquemment (une fois par an). Les pompes à boues manuelles nécessitent un entretien quotidien (nettoyage, réparation, désinfection). Les travailleurs qui vident des latrines manuellement doivent net-

toyer et entretenir leurs vêtements de protection et leurs outils pour éviter tout contact avec les boues.

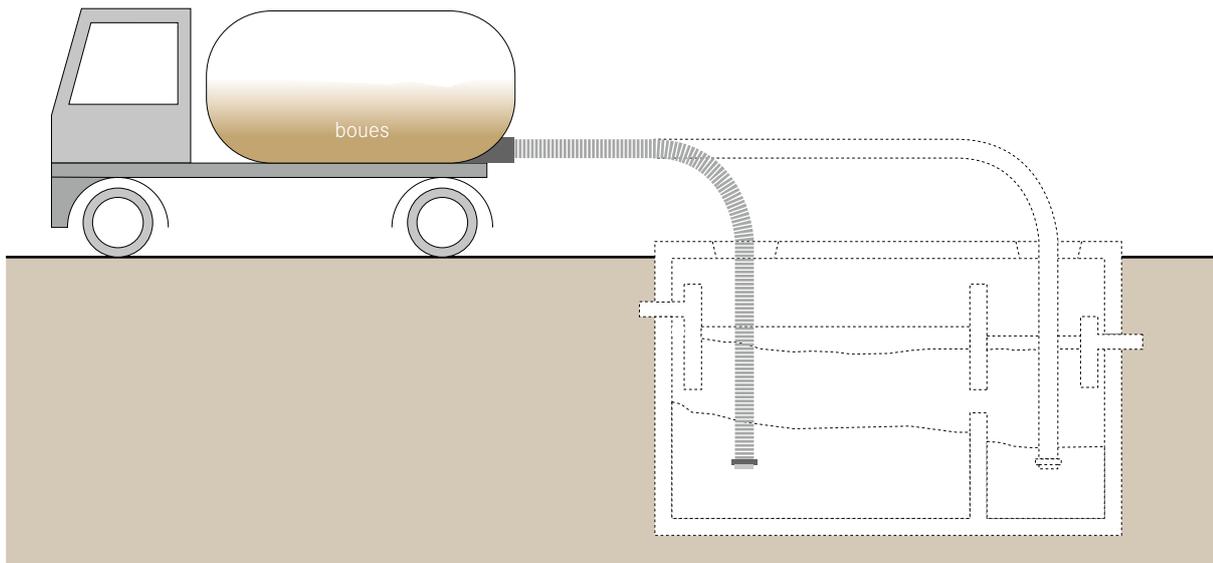
Avantages et inconvénients

- + Possibilités de création d'emplois locaux et de génération de revenus
- + Des pompes à main simples peuvent être construites et réparées avec des matériaux locaux
- + Faible coût d'investissement ; les frais d'exploitation varient selon la distance de transport
- + Fournit des services aux zones/communautés sans égouts
- Des déversements peuvent survenir, ce qui peut générer d'éventuels risques sanitaires et des odeurs repoussantes
- Laborieux : la vidange des fosses peut durer plusieurs heures/jours selon leur taille
- La présence d'ordures dans les fosses peut bloquer les tuyaux
- Certains dispositifs peuvent nécessiter une réparation spécialisée (soudure)

Références et lectures supplémentaires

- Eales, K. (2005). *Bringing Pit Emptying out of the Darkness: A Comparison of Approaches in Durban, South Africa, and Kibera, Kenya*. Building Partnerships for Development in Water and Sanitation, London, UK.
Disponible à : www.bpdws.org
(Une comparaison de deux projets de vidange manuelle)
- Ideas at Work (2007). *The 'Gulper' – a Manual Latrine/Drain Pit Pump*. Ideas at Work, Phnom Penh, KH.
Disponible à : www.ideas-at-work.org
(Étude de cas sur un test de la technologie Gulper par des prestataires de service informels)
- Muller, M. and Rijnsburger, J. (1994). *MAPET. Manual Pit-latrines Emptying Technology Project. Development and Pilot Implementation of a Neighbourhood Based Pit Emptying Service with Locally Manufactured Handpump Equipment in Dar es Salaam, Tanzania*. 1988-1992. WASTE Consultants, Gouda, NL.
Disponible à : www.washdoc.info
- Oxfam (2008). *Manual Desludging Hand Pump (MDHP) Resources*. Oxfam GB, Oxford, UK.
Disponible à : www.desludging.org (Manual for the MDHP)
- Pickford, J. and Shaw, R. (1997). *Technical Brief No. 54: Emptying Pit Latrines*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants/sortants :
<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input checked="" type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	<input checked="" type="checkbox"/> Boues <input checked="" type="checkbox"/> Eaux noires <input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Urine <input checked="" type="checkbox"/> Urine stockée



La vidange et le transport motorisés désignent un véhicule équipé d'une pompe motorisée et d'une cuve de stockage pour vider et transporter les boues de vidange et l'urine. Des personnes doivent faire fonctionner la pompe et manipuler le tuyau, mais les boues ne sont pas soutirées ni transportées manuellement.

Un camion est équipé d'une pompe, qui est raccordée à un tuyau que l'on fait descendre dans un ouvrage (par exemple, une fosse septique, S.9) ou une fosse, et les boues sont pompées vers le haut jusque dans la cuve de stockage sur le véhicule. C'est souvent ce type de conception que l'on appelle un « camion de vidange ».

D'autres véhicules motorisés ou machines ont été développés pour les zones densément peuplées où l'accès est limité. Des conceptions comme Vacutug, Dung Beetle, Mol-sta ou Kedoteng transportent un petit réservoir à boues et une pompe, et peuvent emprunter des voies étroites.

Éléments à prendre en compte pour la conception

En général, la capacité de stockage d'un camion de vidange est de 3 à 12 m³. Des camions locaux sont couramment adaptés pour le transport de boues en les équipant de réservoirs de stockage et de pompes. Des pick-up modifiés et des tracteurs-remorques peuvent transporter environ 1,5 m³, mais les capacités varient. Les véhicules plus petits pour des zones

densément peuplées offrent des capacités de 500 à 800 L. Ces véhicules utilisent par exemple un tracteur à deux roues motrices ou des dispositifs de tractage par des motos, dont la vitesse peut atteindre jusqu'à 12 km/h.

Les pompes ne peuvent généralement aspirer que jusqu'à une profondeur de 2 à 3 m (selon la puissance de la pompe) et il faut les positionner à moins de 30 m de la fosse. En général, plus la pompe à vide est proche de la fosse, plus la vidange est simple.

Adéquation En fonction de la technologie de collecte et de stockage, les boues peuvent être tellement denses qu'il est difficile de les pomper. Dans ce cas, il est nécessaire de diluer les matières avec de l'eau pour qu'ils s'écoulent plus facilement, mais cette procédure est inefficace et coûteuse. Les ordures et le sable compliquent encore plus la vidange et obstruent la conduite ou la pompe. Plusieurs chargements de camion peuvent être requis pour de grandes fosses septiques.

Bien que de grands camions de vidange ne puissent pas accéder à des zones où les routes sont étroites ou non carrossables, ils demeurent la norme pour les municipalités et les autorités responsables de l'assainissement. Ces camions peuvent rarement accéder à des zones reculées (par exemple, en périphérie d'une ville), car les revenus générés risquent de ne pas couvrir les coûts en carburant et en

temps. Aussi le site de traitement doit-il être à proximité des zones desservies.

Les stations de transfert (C.7) et un traitement adéquat sont également essentiels pour les prestataires de service qui utilisent des équipements motorisés de petite taille. Selon les expériences sur le terrain, les dispositifs existants dans les zones urbaines denses présentent une efficacité de vidange et une vitesse de déplacement limitées, et il leur est difficile de grimper des côtes et d'emprunter des routes en mauvais état et des voies très étroites. En outre, ils ne sont pas commercialement viables en raison de la demande limitée et des contraintes du marché. Dans des circonstances favorables, les petits véhicules comme le Vacutug sont capables d'amortir leurs coûts d'exploitation. Toutefois, les coûts d'investissement sont encore excessifs pour que l'entreprise soit rentable et durable.

Les autorités responsables de l'assainissement et les entrepreneurs privés peuvent exploiter des camions de vidange, mais les prix et le niveau de service peuvent varier considérablement. Bien que les exploitants privés puissent facturer moins que les exploitants publics, ils ne peuvent souvent se le permettre que s'ils ne déposent pas les boues dans une installation agréée. Les prestataires de service privés et municipaux doivent collaborer pour couvrir l'ensemble de la chaîne de gestion des boues vidange.

Aspects sanitaires/acceptation L'utilisation d'un camion de vidange constitue une amélioration sanitaire considérable par rapport à la vidange manuelle et permet l'entretien de la technologie de collecte et de stockage. Malgré cela, les exploitants de camions ne sont pas toujours acceptés par la communauté et ils ont des difficultés pour trouver des sites appropriés où déverser les boues collectées.

Exploitation La plupart des camions de pompage sont fabriqués en Amérique du Nord, en Asie ou en Europe. Ainsi, dans certaines régions, il est difficile de trouver des pièces de rechange et un mécanicien pour réparer des pompes ou des camions en panne. Des camions neufs sont très chers et parfois difficiles à se procurer. Des camions d'occasion sont donc souvent utilisés, mais les économies réalisées sont compensées par les coûts élevés en entretien et en carburant, qui peuvent représenter plus de deux tiers du coût total engagé par un exploitant de camions. Les propriétaires de camions doivent être prévoyant pour économiser de l'argent en vue d'acheter les pièces de rechange, les pneus et les équipements, qui sont généralement chers. L'insuffisance de maintenance préventive est souvent à l'origine des pannes majeures. Il est déconseillé d'introduire des additifs chimiques pour le soutirage des boues, car ils tendent à corroder la cuve à boues.

Avantages et inconvénients

- + Élimination rapide, hygiénique et généralement efficace des boues
- + Transport efficace possible avec de grands camions de vidange
- + Possibilités de création d'emplois locaux et de génération de revenus
- + Fournit un service essentiel aux zones non couvertes par un réseau d'égout
- Ne peut pas pomper des boues épaisses et sèches (il faut les diluer avec de l'eau ou les retirer manuellement)
- La présence d'ordures dans les fosses peut bloquer le tuyau
- Ne peut pas vider l'intégralité d'une fosse profonde du fait de sa puissance d'aspiration limitée
- Coûts d'investissement très élevés ; frais d'exploitation variables selon l'utilisation et l'entretien
- Les ménages pauvres peuvent ne pas avoir les moyens de louer les services d'un camion de vidange
- Toutes les pièces et tous les matériaux risquent de ne pas être disponibles à l'échelle locale
- Difficultés d'accès éventuelles

Références et lectures supplémentaires

- Boesch, A. and Schertenleib, R. (1985). *Pit Emptying on-Site Excreta Disposal Systems. Field Tests with Mechanized Equipment in Gaborone (Botswana)*. International Reference Centre for Waste Disposal, Dübendorf, CH.
Disponible à : www.sandec.ch
(Synthèse complète des composants techniques, des performances avec différents types de boues et des procédures d'entretien)
- Chowdhry, S. and Koné, D. (2012). *Business Analysis of Fecal Sludge Management: Emptying and Transportation Services in Africa and Asia*. Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, US.
Disponible à : www.susana.org/library
- O'Riordan, M. (2009). *Investigation into Methods of Pit Latrine Emptying. Management of Sludge Accumulation in VIP Latrines*. WRC Project 1745, Water Research Commission, Pretoria, ZA.
Disponible à : www.susana.org/library
(Comprend une analyse détaillée des expériences sur le terrain avec le Vacutug)
- Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation*. IWA Publishing, London, UK.
Disponible à : www.sandec.ch
(Ouvrage détaillé compilant l'état actuel des connaissances sur tous les aspects liés à la gestion des boues de vidange)

Niveau d'application

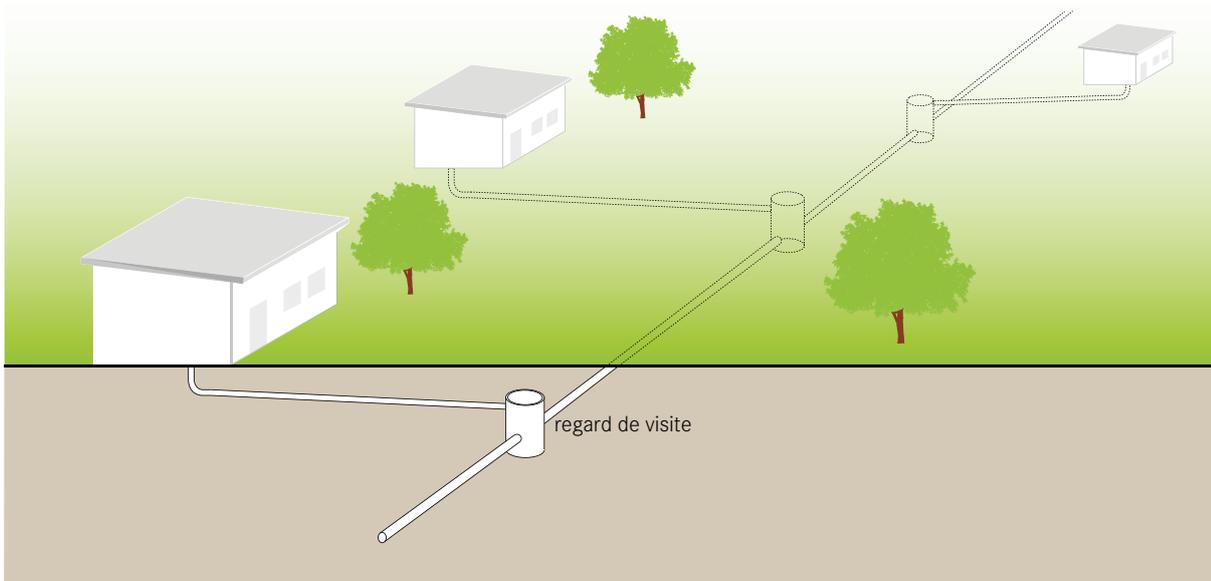
- Ménages
- Voisinage
- Ville

Niveau de gestion

- Ménages
- Partagé
- Public

Produits entrants/sortants :

- Eaux noires
- Eaux brunes
- Eaux grises
- Effluents



Un égout simplifié (ou égout de faible diamètre) désigne un réseau d'égout qui est construit à l'aide de conduites de diamètre plus petit posées à une profondeur et sur une pente plus faibles que des égouts conventionnels (C.6). L'égout simplifié permet une conception plus flexible à un coût inférieur.

Sur le plan conceptuel, un égout simplifié est similaire à un égout conventionnel gravitaire, mais sans utiliser les normes de conception conventionnelles inutiles, et avec des caractéristiques de conception qui sont mieux adaptées au contexte local. Les conduites sont généralement posées sur les limites de la propriété, soit par l'espace arrière, soit par l'espace avant, plutôt que sous la route centrale, ce qui permet d'utiliser des conduites plus courtes et moins nombreuses. Parce qu'on installe généralement un égout simplifié dans la copropriété (condominium), il est souvent appelé un « égout condominial ». Il est également possible de poser les conduites sous les voies d'accès qui sont trop étroites pour une circulation dense, ou sous la chaussée piétonne (trottoir). Comme les égouts simplifiés sont installés là où il n'y a pas de circulation dense, il est possible de les poser à une faible profondeur, et peu d'excavation est nécessaire.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Contrairement aux égouts conventionnels, qui sont conçus pour assurer une vitesse d'auto-curage minimale, la concep-

tion des égouts simplifiés s'appuie sur une pression de traction minimale de 1 N/m^2 (1 Pa) au débit de pointe. Le débit de pointe minimal doit être de 1,5 L/s et un diamètre d'égout minimal de 100 mm est requis. Une pente de 0,5 % suffit généralement. Par exemple, un égout de 100 mm installé sur une dénivelée de 1 m sur 200 m desservira environ 2 800 utilisateurs avec un débit d'eaux usées de 60 L/personne/jour.

Il est conseillé d'utiliser des conduites en PVC. La profondeur à laquelle il faut les poser dépend principalement de la densité de la circulation. Sous les trottoirs, des couvertures de 40 à 65 cm sont typiques. La conception simplifiée peut aussi s'appliquer aux collecteurs principaux; il est également possible de les installer à une faible profondeur, à condition de les positionner à l'écart de la circulation.

Des regards de visite coûteux, qui sont généralement chers, ne sont normalement pas nécessaires. À chaque carrefour ou changement de direction, de simples regards de contrôle (ou regards de nettoyage) suffisent. Des boîtes d'inspection sont également utilisées au niveau des raccordements de chaque habitation. Si les eaux grises de cuisine contiennent une quantité significative d'huile et de graisse, l'installation de séparateurs de graisse (consulter les prétraitements, p. 100) est recommandée pour éviter des bouchages.

Les eaux grises doivent être raccordées dans l'égout pour assurer une charge hydraulique suffisante, mais il faut décourager les raccordements pour les eaux pluviales.

Toutefois, dans la pratique, il est difficile d'exclure tous les flux d'eaux pluviales, particulièrement en l'absence d'autres formes d'évacuation des eaux pluviales. La conception des égouts (et de la station de traitement) doit donc tenir compte du flux supplémentaire provenant éventuellement de l'entrée d'eaux pluviales.

Adéquation Il est possible d'installer des égouts simplifiés dans pratiquement tous les types de quartier et ils sont particulièrement bien adaptés pour des zones urbaines denses où l'espace destiné aux technologies à la parcelle est limité. Il faut les envisager pour des zones où la densité de la population est suffisante (environ 150 personnes par hectare) et comptant une alimentation en eau fiable (au moins 60 L/personne/jour).

Si le terrain est rocheux ou si le niveau de la nappe phréatique est élevé, l'excavation peut être difficile. Dans de telles circonstances, le coût d'installation des égouts est bien plus élevé que dans des conditions favorables. Quel que soit le cas, le coût d'un égout simplifié est de 20 à 50 % moins cher que celui d'un égout conventionnel.

Aspects sanitaires/acceptation S'ils sont bien construits et entretenus, les égouts constituent un moyen sûr et hygiénique de transport des eaux usées. Les utilisateurs doivent être bien informés concernant les risques sanitaires associés au débouchage et à l'entretien des regards de contrôle.

Exploitation Il est essentiel que les utilisateurs soient formés et responsabilisés pour assurer que le flux n'est pas perturbé et pour éviter une obstruction par des déchets et d'autres solides. Il est recommandé de procéder à un rinçage occasionnel des conduites pour éviter les obstructions. En général, il est possible d'éliminer les obstructions en ouvrant les regards de nettoyage et en enfonçant un câble rigide dans la conduite. Les chambres d'inspection doivent être régulièrement vidées pour empêcher l'intrusion de sable dans le système. Le fonctionnement du système dépend de la définition claire de responsabilités entre l'autorité chargée des égouts et la communauté. Dans l'idéal, les ménages sont responsables de l'entretien des unités de prétraitement et de la partie de l'égout sur la copropriété. Dans la pratique, ce n'est toutefois pas toujours faisable, car les utilisateurs risquent de ne pas détecter les problèmes avant qu'ils ne s'aggravent et que les coûts de réparation ne soient élevés. Sinon, l'entretien peut être confié à un entrepreneur privé ou à un comité d'utilisateurs.

Avantages et inconvénients

- + Peut être posé à une profondeur et sur une pente plus faibles que des égouts conventionnels
- + Coûts d'investissement inférieurs à ceux des égouts conventionnels ; frais d'exploitation faibles
- + Extension possible avec le développement de la communauté
- + Les eaux grises peuvent être gérées simultanément
- + Ne nécessite aucune unité de traitement primaire à la parcelle
- Exige des procédures de réparation et d'élimination plus fréquentes des obstructions qu'un égout conventionnel gravitaire
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Les fuites posent un risque d'exfiltration des eaux usées et d'infiltration dans l'eau souterraine, et elles sont difficiles à identifier

Références et lectures supplémentaires

- Bakalian, A., Wright, A., Otis, R. and Azevedo Netto, J. (1994). *Simplified Sewerage: Design Guidelines*. UNDP-World Bank Water and Sanitation Program, Washington, D.C., US. Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home (Recommandations en matière de conception pour des calculs manuels)
- Mara, D. D. (1996a). *Low-Cost Sewerage*. Wiley, Chichester, UK. (Évaluation de différents systèmes peu onéreux et études de cas)
- Mara, D. D. (1996b). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, UK. pp. 109-139. (Synthèse complète, y compris des exemples de conception)
- Mara, D. D. (2005). *Sanitation for All in Periurban Areas? Only If We Use Simplified Sewerage*. *Water Science & Technology: Water Supply* 5 (6): 57-65. (Un article qui récapitule la technologie et son rôle potentiel dans le domaine de l'assainissement urbain)
- Mara, D. D., Sleigh, A. and Tayler, K. (2001). *PC-Based Simplified Sewer Design*. University of Leeds, Leeds, UK. Disponible à : www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/Sewerage/ (Couverture complète de la théorie et de la conception, y compris un programme à utiliser comme aide à la conception)
- Watson, G. (1995). *Good Sewers Cheap? Agency-Customer Interactions in Low-Cost Urban Sanitation in Brazil*. Water and Sanitation Division, The World Bank, Washington, D.C., US. Disponible à : www.wsp.org (Une synthèse de projets de grande envergure au Brésil)

Niveau d'application

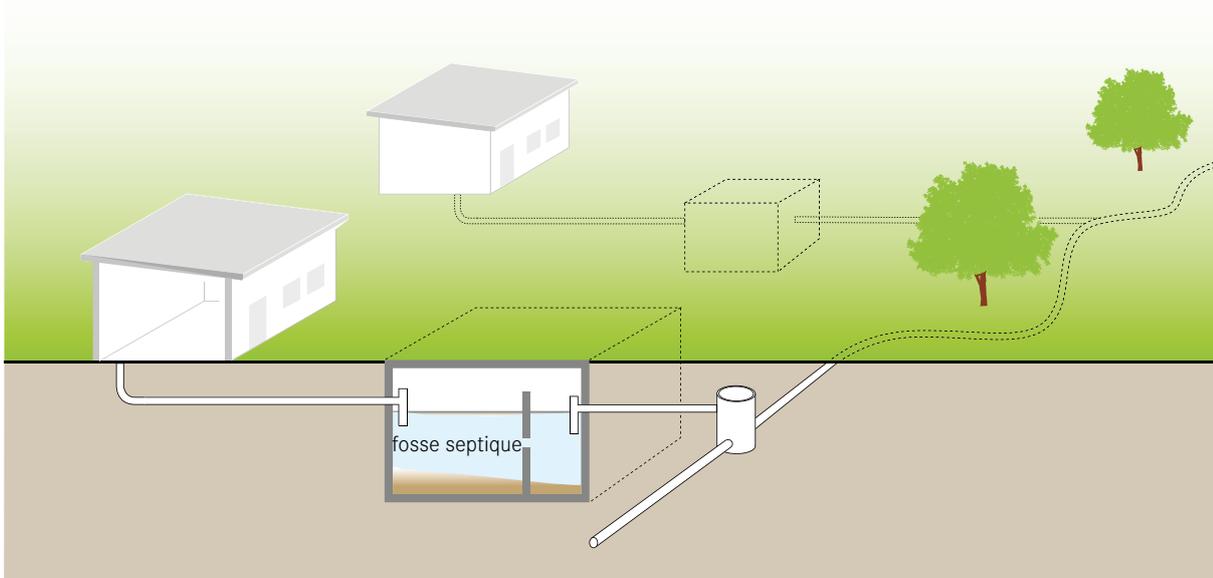
- Ménages
- Voisinage
- Ville

Niveau de gestion

- Ménages
- Partagé
- Public

Produits entrants/sortants :

- Effluents



Un égout simplifié décanté est un réseau de conduites de faible diamètre qui transporte des eaux usées prétraitées et sans matières solides (comme les effluents d'une fosse septique). Il est possible de l'installer à une faible profondeur et son fonctionnement ne requiert aucun flux minimal d'eaux usées ni aucune pente.

Les égouts simplifiés décantés sont également appelés « égouts gravitaires pour effluents de fosse septique » ou « égouts sans matières solides ». Les égouts sans matières solides nécessitent initialement un traitement primaire efficace au niveau des ménages. Un ouvrage collecteur, généralement une fosse septique à fosse unique (S.9), recueille les particules décantables susceptibles d'obstruer les petites conduites. La fosse de décantation des matières solides fonctionne également pour atténuer les débits de pointe. Comme les risques de dépôts et d'obstructions sont faibles, il n'est pas nécessaire que les égouts simplifiés décantés soient autonettoyants, c'est-à-dire qu'aucune vitesse minimale du débit ni aucune pression de traction ne sont requises. Ils nécessitent quelques points de contrôle, et ils peuvent présenter des inflexions (c'est-à-dire des pentes négatives) et suivre la topographie. Lorsque l'égout suit plus ou moins les formes du terrain, le débit peut varier entre un débit à surface libre et un débit sous pression.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Si la conception et l'utilisation des fosses d'interception sont

correctes, ce type d'égout ne nécessite aucune vitesse d'auto-nettoyage ni aucune pente minimale. Même des inflexions sont possibles, à condition que l'extrémité en aval de l'égout soit plus basse que l'extrémité en amont. Dans les sections présentant un débit sous pression, le niveau d'eau dans une fosse d'interception doit être supérieur à la charge hydraulique à l'intérieur de l'égout, sans quoi le liquide retournerait dans la fosse. Au niveau des points hauts dans les sections présentant un débit sous pression, les conduites doivent être ventilées. Il n'est pas nécessaire d'installer les égouts simplifiés décantés sur une pente uniforme avec un tracé rectiligne entre les points de contrôle. Le tracé peut être curviligne pour éviter des obstacles, ce qui permet une tolérance de construction plus importante. Un diamètre minimal de 75 mm est nécessaire pour faciliter le nettoyage. Des regards de visite classiques, qui sont généralement chers, ne sont pas nécessaires, puisqu'aucun accès pour des équipements de nettoyage mécanique n'est requis. Suffisamment de regards de nettoyage ou de rinçage sont installés aux extrémités en amont, au niveau des points hauts, aux intersections ou au niveau des principaux changements de direction ou de taille de conduite. Comme pour les regards de visite classiques, il est possible de sceller fermement les regards de nettoyage pour empêcher la pénétration des eaux pluviales. Les eaux pluviales doivent être exclues, car elles pourraient dépasser la capacité des conduites et entraîner

des blocages du fait des dépôts de gravillons. Dans l'idéal, les égouts devraient être exempts d'eaux pluviales ou d'eaux souterraines, mais dans la pratique, on peut s'attendre à ce que certains raccords de conduite soient mal jointés. Il faut donc estimer une infiltration d'eaux souterraines et une pénétration des eaux pluviales lors de la conception du système. L'utilisation de conduites en PVC peut minimiser le risque de fuites.

Adéquation Ce type d'égout convient mieux pour des zones (péri-) urbaines de densité moyenne et il est moins adapté pour des environnements de faible densité ou ruraux. Son utilisation est préférable dans des zones où il n'y a pas d'espace pour un lit d'infiltration (D.8), ou lorsqu'il n'est pas possible d'éliminer les effluents sur place (par exemple, du fait d'une faible capacité d'infiltration ou d'un niveau élevé des eaux souterraines). Il convient également pour des zones où le terrain ondule ou avec un sol rocheux. Un égout simplifié décanté peut être raccordé à des fosses septiques existantes où l'infiltration n'est plus appropriée (par exemple, du fait d'une augmentation de la densité des habitations et/ou de la consommation d'eau). Contrairement à un égout simplifié (C.4), un égout simplifié décanté peut également être utilisé dans des zones où la consommation d'eau domestique est limitée.

Cette technologie constitue une solution flexible que l'on peut facilement étendre avec la croissance de la population. Du fait qu'elle exige une excavation peu profonde et moins de matériaux, on peut la construire à un coût nettement inférieur à celui d'un égout conventionnel (C.6).

Aspects sanitaires/acceptation S'ils sont bien construits et entretenus, les égouts constituent un moyen sûr et hygiénique de transporter les eaux usées. Les utilisateurs doivent être bien formés concernant les risques sanitaires associés au retrait des blocages et à l'entretien des réservoirs de collecte.

Exploitation Il est essentiel que les utilisateurs soient formés et responsabilisés pour éviter une obstruction par des déchets et d'autres solides. Un soutirage régulier des boues des fosses septiques est crucial pour assurer des performances optimales de l'égout. Il est recommandé de procéder à un rinçage régulier des conduites pour éviter les blocages. Des précautions particulières doivent être prises pour éviter des raccordements illégaux, car il est probable que des fosses d'interception ne seraient pas installées et que des matières solides pénétreraient dans le système.

Il faut confier la gestion du système aux autorités responsables des égouts, à un entrepreneur privé ou à un comité d'utilisateurs, en particulier pour s'assurer du soutirage régulier des boues des fosses d'interception et pour éviter les raccordements illégaux.

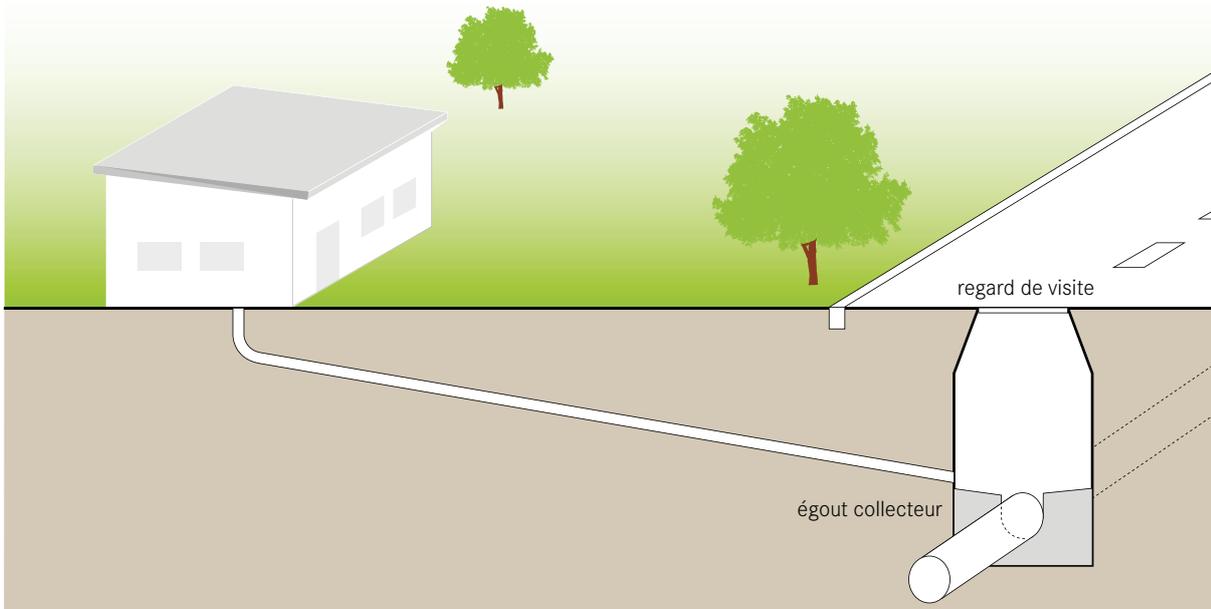
Avantages et inconvénients

- + N'exige pas une pente ou une vitesse d'écoulement minimale
- + Peut être utilisé dans des zones où l'alimentation en eau est limitée
- + Coûts d'investissement inférieurs à ceux des égouts conventionnels gravitaires ; frais d'exploitation faibles
- + Extension possible avec le développement de la communauté
- + Les eaux grises peuvent être gérées simultanément
- Un espace est requis pour des réservoirs de collecte
- Les réservoirs de collecte nécessitent un soutirage régulier des boues pour éviter les obstructions
- Requiert une formation et une acceptation pour être utilisé correctement
- Exige des réparations et une élimination des obstructions plus fréquentes qu'un égout conventionnel gravitaire
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Les fuites posent un risque d'exfiltration des eaux usées et d'infiltration dans l'eau souterraine, et elles sont difficiles à identifier

Références et lectures supplémentaires

- Azevedo Netto, J. and Reid, R. (1992). *Innovative and Low-Cost Technologies Utilized in Sewerage*. Technical Series No. 29, Environmental Health Program, Pan American Health Organization, Washington, D.C., US. (Synthèse courte et schémas des composants – Chapitre 5)
- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US. pp. 355-364. (Synthèse courte des considérations en matière de conception et de construction)
- Mara, D. D. (1996a). *Low-Cost Sewerage*. Wiley, Chichester, UK. (Évaluation de différents systèmes peu onéreux et études de cas)
- Mara, D. D. (1996b). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, UK. pp. 93-108. (Synthèse complète, y compris des exemples de conception)
- Otis, R. J. and Mara, D. D. (1985). *The Design of Small Bore Sewer Systems*. UNDP Interregional Project INT/81/047, The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US. Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home (Synthèse complète de la conception, de l'installation et de l'entretien)

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants/sortants :
<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input checked="" type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> Ménages <input type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	<input checked="" type="checkbox"/> Eaux noires <input type="checkbox"/> Eaux brunes <input checked="" type="checkbox"/> Eaux grises <input checked="" type="checkbox"/> Eaux pluviales



Les égouts conventionnels gravitaires sont de vastes réseaux de conduites souterraines qui transportent des eaux noires, des eaux grises et, dans beaucoup de cas, des eaux pluviales, provenant de ménages individuels vers une installation de traitement (semi-)centralisée, à l'aide de la gravité (et de pompes selon les besoins).

Le système d'égout conventionnel gravitaire est conçu avec beaucoup de branchements. En général, le réseau est subdivisé en réseaux primaires (conduites d'égout principales le long des routes principales), secondaires et tertiaires (réseaux au niveau des voisinages et des ménages).

Éléments à prendre en compte pour la conception

Les égouts conventionnels gravitaires ne nécessitent normalement aucun prétraitement, traitement primaire ni stockage des eaux usées avant leur rejet au réseau. L'égout doit toutefois être conçu pour maintenir une vitesse d'auto-curage (c'est-à-dire un débit qui empêche l'accumulation de particules). Pour des diamètres d'égout standards, une vitesse minimale de 0,6 à 0,7 m/s doit être adoptée par temps sec. Une pente descendante constante doit être garantie sur la longueur de l'égout pour maintenir des écoulements auto-curants, ce qui nécessite des excavations profondes. Lorsqu'il n'est pas possible de maintenir une pente descendante, une station de pompage doit être installée. Les égouts primaires sont posés

sous les routes, à des profondeurs de 1,5 à 3 m, afin d'éviter que de lourdes charges de circulation ne les endommagent. La profondeur dépend également de la nappe phréatique, du point le plus bas à desservir (par exemple, une cave) et de la topographie. Le choix du diamètre de la conduite dépend des estimations de débits moyens et de pointe. Les matériaux couramment utilisés pour les conduites sont le béton, le PVC et la fonte.

Les regards de visite sont positionnés à des intervalles définis, au-dessus de l'égout, au niveau des intersections de conduites et aux points de changement de direction des conduites (verticalement et horizontalement). Les trous d'homme doivent être conçus de manière à empêcher la pénétration des eaux pluviales ou l'infiltration d'eau souterraine.

Si les utilisateurs raccordés déversent des eaux usées très polluées (par exemple, des sociétés industrielles ou des restaurants), un prétraitement et un traitement primaire sur leur site peuvent être nécessaires avant le déversement dans le système d'égout, afin de réduire les risques d'obstruction et la charge de la station de traitement des eaux usées. Lorsque l'égout transporte également les eaux pluviales (ce qu'on appelle un égout unitaire), des débordements de l'égout sont requis pour éviter une surcharge hydraulique des stations de traitement lors de précipitations. Les égouts unitaires ne doivent toutefois plus être considérés comme modèle.

Une rétention et une infiltration locales des eaux pluviales ou un système d'évacuation séparé pour les eaux pluviales sont plutôt recommandés. Le système de traitement des eaux usées nécessite alors des dimensions inférieures, ce qui en réduit les coûts de construction et en améliore l'efficacité pour traiter des eaux usées moins diluées.

Adéquation Parce qu'il est possible de les concevoir pour transporter des volumes importants, les égouts conventionnels gravitaires conviennent parfaitement pour le transport des eaux usées vers une installation de traitement (semi-)centralisée. La planification, la construction, le fonctionnement et l'entretien nécessitent des connaissances spécialisées. La construction de systèmes d'égouts conventionnels dans des zones urbaines denses est compliquée, car cela perturbe les activités et la circulation. Les égouts conventionnels gravitaires sont chers à construire et, parce que l'installation d'une conduite d'égout occasionne des perturbations et nécessite une coordination étendue entre les autorités, les sociétés de construction et les propriétaires fonciers, un management professionnel doit être en place.

L'affaissement du terrain peut entraîner des fissures dans les parois des regards de visite ou dans les raccords de canalisations, ce qui peut entraîner une infiltration de l'eau souterraine ou une exfiltration des eaux usées et compromettre la performance de l'égout.

Les égouts conventionnels gravitaires peuvent être construits dans des climats froids, car ils sont enterrés profondément dans le sol et le débit d'eau important et constant résiste au gel.

Aspects sanitaires/acceptation S'ils sont bien construits et entretenus, les égouts constituent un moyen sûr et hygiénique de transport des eaux usées. Cette technologie offre un haut niveau d'hygiène et de confort pour l'utilisateur. Toutefois, parce que les déchets sont transportés vers un site éloigné pour y être traités, les impacts pour la santé et l'environnement dépendent du traitement fourni par l'installation en aval.

Exploitation Les regards de visite sont utilisés pour des contrôles de routine et le nettoyage des égouts. Des débris (par exemples, gravillons, bâtons ou chiffons) peuvent s'accumuler dans les regards et bloquer les conduites. Afin d'éviter les obstructions dues à la graisse, il est important d'informer les utilisateurs sur l'élimination appropriée de l'huile et de la graisse. Parmi les méthodes de nettoyage

courantes pour les égouts conventionnels gravitaires figurent le tringlage, le rinçage, le curage et l'hydro-curage. Les égouts peuvent être dangereux en raison des gaz toxiques qui en émanent, et seuls des professionnels doivent en assurer l'entretien, bien que, dans certaines communautés bien organisées, l'entretien de réseaux tertiaires puisse être confié à un groupe compétent de membres de la communauté. Il faut toujours utiliser une protection appropriée lorsqu'on pénètre dans un égout.

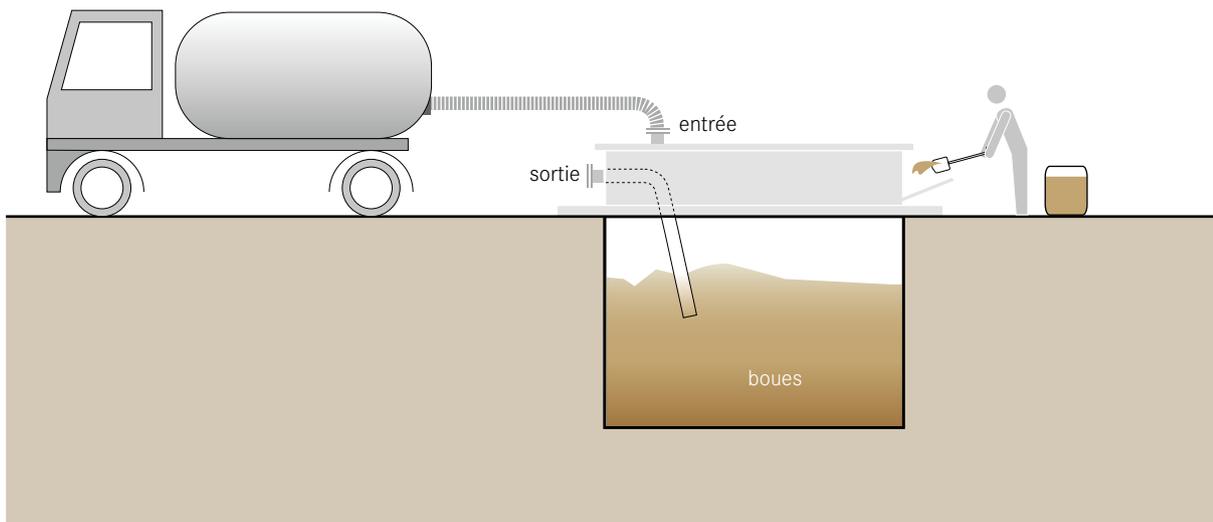
Avantages et inconvénients

- + Moins d'entretien par rapport aux égouts simplifiés et aux égouts simplifiés décantés
- + Les eaux grises et, éventuellement, les eaux pluviales peuvent être gérées simultanément
- + Capable de prendre en charge les gravillons et d'autres matières solides, ainsi que des débits importants
- Coûts d'investissement très élevés ; frais d'exploitation et d'entretien élevés
- Une vitesse minimale doit être garantie pour empêcher le dépôt de matières solides dans l'égout
- Nécessite des excavations profondes
- Extension difficile et coûteuse avec l'évolution et le développement de la communauté
- Requiert une conception, une construction et un entretien spécialisés
- Les fuites posent un risque d'exfiltration des eaux usées et d'infiltration dans l'eau souterraine, et elles sont difficiles à identifier

Références et lectures supplémentaires

- Bizier, P. (Ed.) (2007). *Gravity Sanitary Sewer Design and Construction. Second Edition*. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 60, WEF MOP No. FD-5. American Society of Civil Engineers, New York, US. (Texte d'une norme de conception utilisée en Amérique du Nord, bien qu'il soit nécessaire d'évaluer les codes et les normes au niveau local avant de choisir un manuel de conception)
- Tchobanoglous, G. (1981). *Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater*. McGraw-Hill, New York, US.
- U.S. EPA (2002). *Collection Systems Technology Fact Sheet. Sewers, Conventional Gravity*. 832-F-02-007. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US. Disponible à : www.epa.gov (Bonne description de la technologie, y compris des critères de conception plus détaillés et des informations sur le fonctionnement et l'entretien)

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants/sortants :
<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input checked="" type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	<input checked="" type="checkbox"/> Boues



Les stations de transfert ou réservoirs enterrés servent de points de dépotage intermédiaires pour les boues de vidange lorsqu'il n'est pas possible de les transporter facilement jusqu'à une installation de traitement (semi-)centralisée. Un camion de vidange est nécessaire pour vider les stations de transfert lorsqu'elles sont pleines.

Les opérateurs d'équipements motorisés ou manuels de vidange des boues (consulter les sections C.2 et C.3) déchargent les boues dans une station de transfert locale plutôt que de les décharger illégalement ou de se déplacer pour les décharger sur un site de traitement ou de stockage éloigné. Lorsque la station de transfert est pleine, un camion de vidange en vide le contenu et transporte les boues jusqu'à une installation de traitement adaptée. Les municipalités ou les autorités responsables des égouts peuvent demander le paiement d'autorisations de déchargement à la station de transfert afin d'amortir les coûts d'exploitation et d'entretien de l'installation.

Dans des environnements urbains, les stations de transfert doivent être positionnées avec prudence, sans quoi les odeurs pourraient poser des problèmes, en particulier si les stations ne sont pas correctement entretenues.

Éléments à prendre en compte pour la conception Une station de transfert comprend un espace de stationnement pour les camions de vidange ou les chariots à boues, un point de raccordement pour les tuyaux de déchargement et un ouvrage de stockage. La construction du point de déchargement doit être suffisamment basse pour minimiser les déversements quand les travailleurs vident manuellement leurs chariots à boues. En outre, la station de transfert doit comprendre une aération, un dégrilleur pour retenir les gros débris (ordures) et une installation de lavage pour les véhicules. La fosse de stockage doit être bien bâtie pour empêcher les fuites et/ou l'infiltration des eaux de surface.

Un poste de de dépotage intermédiaire est une variation de la station de transfert, où la station serait directement raccordée à un égout collecteur conventionnel gravitaire. Les boues qui sont dépotées dans le poste de dépotage intermédiaire se déversent dans l'égout collecteur, soit directement, soit à des intervalles réguliers (par exemple, en pompant) pour optimiser la performance de l'égout et de la station de traitement des eaux usées et/ou pour réduire les pics de charges.

Les stations de transfert peuvent être équipées de dispositifs numériques d'enregistrement de données pour mener un suivi de la quantité, du type et de l'origine des produits entrants, ainsi que pour recueillir des données sur les per-

sonnes qui viennent décharger dans ces stations. Ainsi, l'exploitant peut recueillir des informations détaillées et planifier et adapter ses activités de manière plus précise selon les charges entrantes.

Le système de délivrance d'autorisations ou de facturation de frais d'accès doit être conçu avec prudence pour que ceux qui ont le plus besoin du service ne soient pas exclus du fait de coûts élevés, tout en générant suffisamment de revenus pour exploiter et entretenir les stations de transfert de manière durable. Adéquation Les stations de transfert conviennent pour des zones denses urbaines où il n'existe aucun autre point de décharge des boues de vidange. Il peut être utile d'établir plusieurs stations de transfert pour aider à réduire l'incidence de déchargements illégaux des boues et promouvoir le marché de la vidange.

Les stations de transfert sont particulièrement adaptées pour des zones où les équipements de vidange des boues sont de petite envergure. Dans les grandes villes, elles peuvent réduire les coûts encourus par les exploitants de camions en diminuant les distances de transport et les retards dus aux embouteillages. Les prestataires de service locaux peuvent décharger les boues dans des stations de transfert pendant la journée, et les gros camions peuvent vider les ouvrages et aller à la station de traitement pendant la nuit quand la circulation est fluide.

Les stations de transfert doivent être positionnées en des points où elles sont facilement accessibles, pratiques et simples à utiliser. Selon leur entretien, les odeurs peuvent devenir un problème pour les résidents locaux. Toutefois, les avantages qu'elles offrent par rapport à des dépotages illégaux en plein air en compensent largement les inconvénients.

Aspects sanitaires/acceptation Les stations de transfert offrent la possibilité d'améliorer considérablement la santé d'une communauté en fournissant une solution locale bon marché pour l'évacuation des boues de vidange. En proposant les services d'une station de transfert, les prestataires de service indépendants ou les petits prestataires de service ne sont plus forcés de dépoter illégalement les boues, et les propriétaires immobiliers sont plus motivés pour vider leurs fosses. Avec une vidange régulière des fosses et une minimisation des décharges illégales, la santé générale d'une communauté peut considérablement s'améliorer. L'emplacement doit être choisi avec prudence afin de maximiser l'efficacité et de minimiser les odeurs et les problèmes pour les résidents à proximité.

Exploitation Les dégrilleurs doivent être fréquemment nettoyés pour assurer un débit constant et empêcher les retours. Le sable, les gravillons et les boues consolidées doivent aussi être régulièrement éliminés de l'ouvrage de stockage. Il faut un système bien organisé pour vider la station de transfert; si l'ouvrage de stockage se remplit complètement et déborde, il ne vaut pas mieux qu'une fosse qui déborde. La plate-forme et la zone de chargement doivent être régulièrement nettoyées pour minimiser les problèmes d'odeurs, de mouches et d'autres vecteurs.

Avantages et inconvénients

- + Améliore l'efficacité du transport des boues jusqu'à la station de traitement, particulièrement lorsque des petits prestataires de service équipés de véhicules lents sont impliqués
- + Peut réduire le dépotage illégal de boues de vidange
- + Possibilité d'amortir les coûts avec des autorisations d'accès
- + Possibilités de création d'emplois locaux et de génération de revenus
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Peut dégager des odeurs si l'entretien est inapproprié

Références et lectures supplémentaires

- African Development Fund (2005). *Accra Sewerage Improvement Project (ASIP). Appraisal Report*. Infrastructure Department Central and West Regions. Abidjan, CI. Disponible à : www.afdb.org
- Boot, N. L. and Scott, R. E. (2008). *Faecal Sludge in Accra, Ghana: Problems of Urban Provision. Proceedings: Sanitation Challenge: New Sanitation Concepts and Models of Governance*. Wageningen, NL.
- Chowdhry, S. and Koné, D. (2012). *Business Analysis of Fecal Sludge Management: Emptying and Transportation Services in Africa and Asia*. Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, US. Disponible à : www.susana.org/library
- Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation*. IWA Publishing, London, UK. Disponible à : www.sandec.ch
- U.S. EPA (1994). *Guide to Septage Treatment and Disposal*. EPA/625/R-94/002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, OH, US. Disponible à : www.epa.gov

Cette section décrit les technologies de traitement qui sont généralement appropriées pour de grands groupes d'utilisateurs (c'est-à-dire à un niveau semi-centralisé pour des quartiers à un niveau centralisé pour les villes). Elles sont conçues pour prendre en charge de plus grands volumes de matière et, dans la plupart des cas, elles permettent d'améliorer l'élimination des nutriments, des matières organiques et des agents pathogènes, en comparaison notamment avec les plus petites technologies de traitement au niveau des ménages (S). Toutefois, les besoins en termes d'exploitation on et d'énergie des technologies de ce groupe fonctionnel sont généralement supérieurs à celles des technologies d'envergure moindre pour les ménages (S).

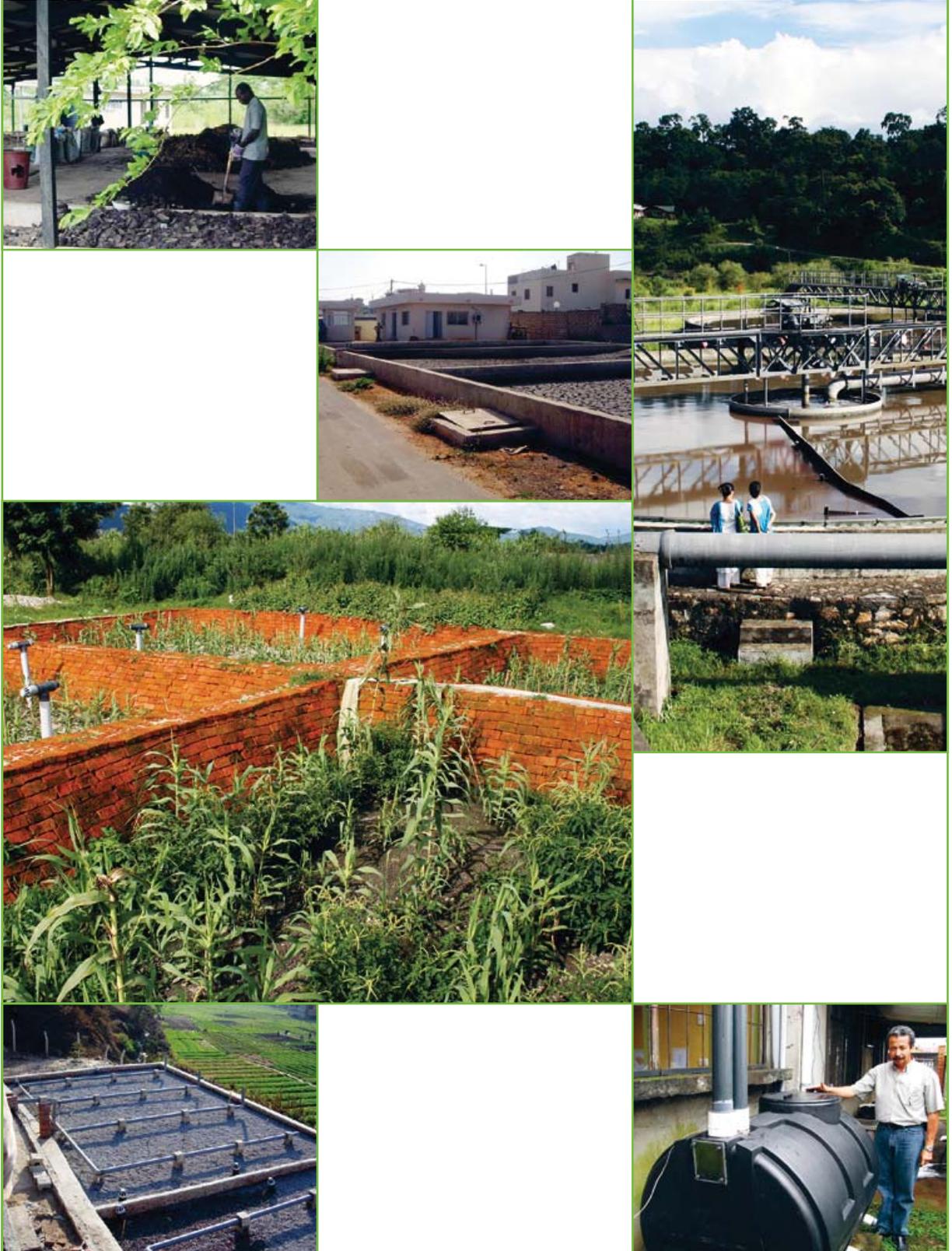
Les technologies sont divisées en deux groupes : les technologies T.1–T.12 s'appliquent principalement au traitement des eaux noires, des eaux brunes, des eaux grises ou des effluents, alors que les technologies T.13–T.17 s'appliquent principalement au traitement des boues. Les prétraitements et post-traitement sont également décrites (fiches d'informations technologiques PRE et POST), bien qu'elles ne soient pas toujours requises.

PRE	Prétraitements	
T.1	Décanteur	
T.2	Décanteur-digesteur	
T.3	Réacteur anaérobie compartimenté	
T.4	Filtre anaérobie	
T.5	Bassins de lagunage	
T.6	Lagunage aéré	
T.7	Marais artificiel à écoulement surfacique	
T.8	Filtre planté horizontal	
T.9	Filtre planté vertical	
T.10	Lit bactérien	
T.11	Biofiltration sur boues anaérobies	
T.12	Boues activées	
T.13	Bassins de décantation / épaissement	
T.14	Lits de séchage non plantés	
T.15	Lits de séchage plantés	
T.16	Co-compostage	
T.17	Réacteur à biogaz	
POST	Filtration tertiaire et désinfection	

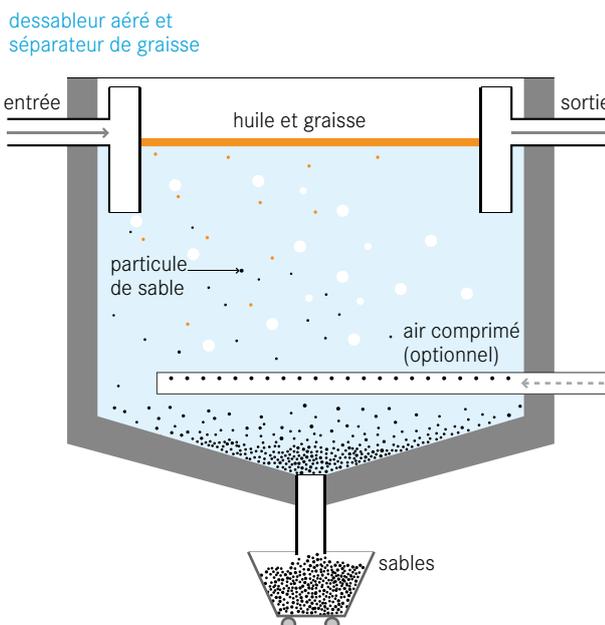
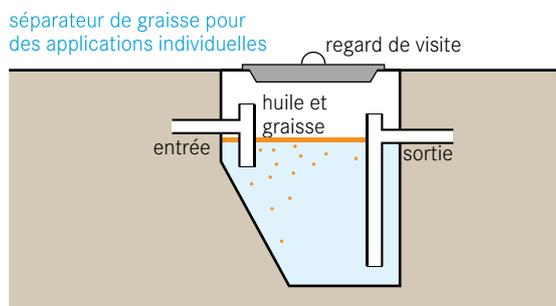
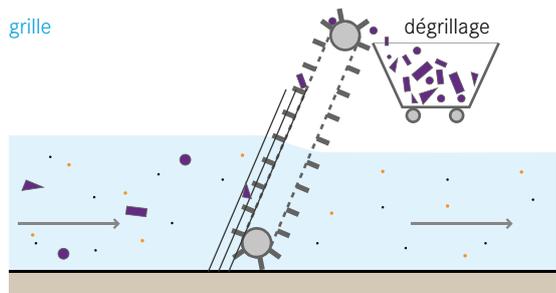
	T.1–T.12	Technologies pour le traitement des eaux noires, des eaux brunes, des eaux grises ou des effluents
	T.13–T.17	Technologies pour le traitement des boues

Lors de la conception d'un système de traitement (semi-)centralisé, l'ingénieur doit créer une combinaison judicieuse de ces technologies afin d'atteindre l'objectif de traitement global souhaité (par exemple, une configuration en plusieurs étapes comprenant le prétraitement, le traitement primaire et le traitement secondaire). Quel que soit le contexte, le choix de technologie dépend des facteurs suivants :

- Type et quantité de produits à traiter (y compris les développements futurs)
- Le produit sortant souhaité (utilisation finale et/ou exigences légales en matière de qualité)
- Ressources financières
- Disponibilité des matériaux à l'échelle locale
- Espace disponible
- Caractéristiques du sol et de l'eau souterraine
- Disponibilité d'une source d'électricité constante
- Compétences et capacités (pour la conception et l'exploitation)
- Considérations en matière de gestion



Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ★ Ménages <input type="checkbox"/> ★★ Voisinage <input type="checkbox"/> ★★ Ville 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ★ Ménages <input type="checkbox"/> ★ Partagé <input type="checkbox"/> ★★ Public 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Eaux noires <input type="checkbox"/> Eaux brunes <input type="checkbox"/> Eaux grises <input type="checkbox"/> Boues
		Produits sortants :
		<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Eaux noires <input type="checkbox"/> Eaux brunes <input type="checkbox"/> Eaux grises <input type="checkbox"/> Boues <input type="checkbox"/> Produits de prétraitement



Le prétraitement est l'élimination au préalable de composants particuliers des eaux usées et des boues comme les huiles, graisses et diverses matières solides (par exemple, sables, fibres et déchets grossiers divers). Construites en amont d'une technologie de transport ou de traitement, les unités de prétraitement peuvent retarder l'accumulation des matières solides et minimiser les blocages qui en découlent. Elles permettent également de réduire l'abrasion des éléments mécaniques et de prolonger la durée de vie des infrastructures d'assainissement.

Les huiles, graisses et les matières solides en suspension peuvent compromettre l'efficacité du transport et/ou du traitement, du fait de problèmes d'obstruction et d'usure. C'est pourquoi il est essentiel de minimiser la présence de ces substances et de les éliminer dès leur apparition. Les prétraitements emploient des mécanismes d'élimination physique comme le dégrillage, la flottation, la décantation et la filtration.

Un contrôle des rejets au niveau des ménages ou des bâtiments peut réduire les charges de pollution et limiter les exigences de prétraitement à un minimum. Par exemple, les déchets solides et les huiles de cuisine devraient être collectées séparément et ne pas être rejetés dans les systèmes d'assainissement. Il est possible d'empêcher les matières solides de pénétrer dans le système en équipant les éviers, les douches et autres équi-

pements similaires de grilles, de filtres et de siphons adaptés. Les regards de visite des égouts doivent toujours être équipés de tampons (plaques d'égout) pour éviter que des substances étrangères ne pénètrent dans l'égout.

Séparateur de graisse Les séparateurs de graisse visent à piéger les huiles et les graisses. Ce sont des fosses en briques, en béton ou en plastique, équipées d'un tampon étanche aux odeurs. Les cloisons ou canalisations en T aux niveaux de l'entrée et de la sortie évitent les turbulences à la surface de l'eau et séparent les composants flottants des effluents. Un séparateur de graisse peut être positionné directement sous l'évier ou, pour des quantités plus importantes, à l'extérieur du bâtiment. Installé sous l'évier, il est relativement peu coûteux, mais il faut le nettoyer fréquemment (une fois par semaine à une fois par mois), alors qu'un piège à graisse plus grand est conçu pour être vidangé par pompage tous les 6 à 12 mois. S'ils sont suffisamment grands, les séparateurs de graisse peuvent également éliminer les sables et d'autres matières solides décantables par sédimentation.

Dégrilleur Le dégrillage vise à empêcher les matières solides de grosse taille, comme le plastique, les chiffons et autres ordures, de pénétrer dans un système d'égout ou une station de traitement. Les matières solides sont piégées dans des grilles inclinées. L'espace entre les grilles

est généralement de 15 à 40 mm, selon les caractéristiques du nettoyage. Les grilles peuvent être nettoyées manuellement ou par des racloirs mécaniques. Cette dernière méthode permet un nettoyage plus fréquent et donc une conception plus petite.

Dessableur Lorsque des technologies de traitement avales risquent d'être entravées ou endommagées par la présence de sable, des dessableurs (ou pièges à sable) permettent d'éliminer les matériaux inorganiques lourds par décantation. Il existe trois types généraux de dessableurs : dessableurs à écoulement horizontal, aérés ou vortex. Toutes ces conceptions permettent l'élimination des lourdes particules de sable par décantation, alors que la majorité des particules organiques plus légères, reste en suspension.

Adéquation Il faut utiliser des séparateurs de graisses lorsque de grandes quantités d'huiles et de graisses sont déversées. On peut les installer dans des maisons individuelles, des restaurants ou des sites industriels. L'élimination des graisses est particulièrement importante s'il y a un risque immédiat d'obstruction (par exemple, un filtre planté pour le traitement des eaux grises).

Le dégrillage est essentiel s'il y a des risques de pénétration de déchets solides dans un système d'égout, ainsi qu'au niveau de l'entrée des stations de traitement. Des pièges à ordure, par exemple des caissons grillagés, peuvent également être installés en des points stratégiques comme au niveau des canaux des marchés.

Un dessableur permet d'éviter le dépôt de sables et l'abrasion dans les stations de traitement des eaux usées, particulièrement lorsque les routes ne sont pas revêtues et/ou si les eaux pluviales risquent de pénétrer dans le système d'égout.

Comme les buanderies déversent de grandes quantités de fibres et de particules de tissu avec leurs eaux usées, il faut les équiper de dispositifs de filtrage des fibres.

Aspects sanitaires/acceptation L'évacuation de matières solides et des graisses séparées par les prétraitements n'est pas une tâche agréable et, si ce sont les ménages ou les membres de la communauté qui en sont responsables, il se peut que ce ne soit pas fait régulièrement. La meilleure solution, bien qu'elle soit coûteuse, consisterait à confier cette tâche à des professionnels. Comme les personnes impliquées dans le nettoyage pourraient entrer en contact avec des agents pathogènes ou des substances toxiques, il est essentiel qu'ils se protègent de manière adéquate en portant des vêtements de sécurité, c'est-à-dire des bottes et des gants.

Exploitation Toutes les installations de prétraitement doivent faire l'objet d'un suivi et d'un nettoyage réguliers pour en assurer le bon fonctionnement. Si la fréquence des procédures d'entretien est trop faible, cela peut générer des odeurs fortes provenant de la dégradation des matières accumulées. Un entretien insuffisant des unités de prétraitement peut entraîner une défaillance des éléments en aval d'un système d'assainissement.

Les produits de prétraitement doivent être éliminés comme des déchets solides. Dans le cas des graisses, on pourrait les utiliser pour générer de l'énergie (par exemple, biodiesel ou codigestion) ou pour les recycler.

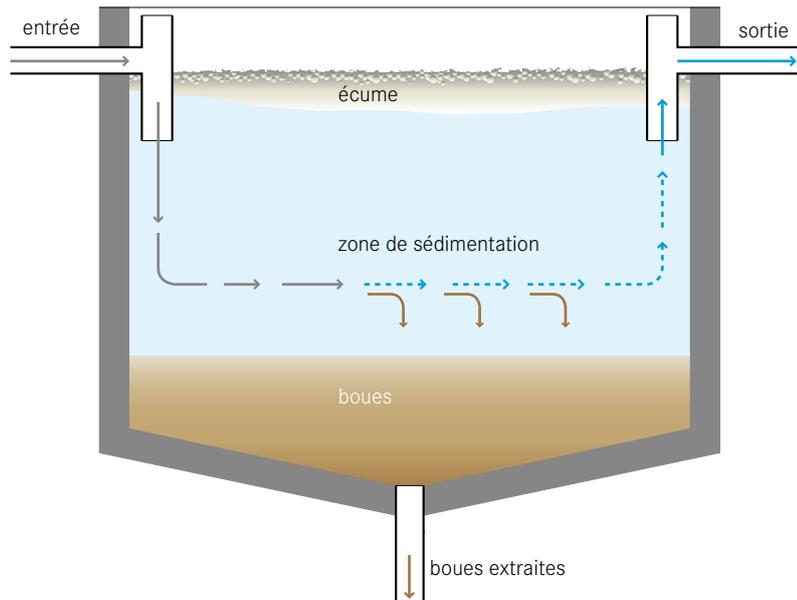
Avantages et inconvénients

- + Coûts d'investissement et d'exploitation relativement faibles
- + Réduction des risques de blocage sur les technologies de transport et/ou de traitement
- + Durée de vie et durabilité supérieures des infrastructures d'assainissement
- Nécessite un entretien fréquent
- L'évacuation des matières solides et des graisses n'est pas agréable

Références et lectures supplémentaires

- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US.
- Morel, A. and Diener, S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH. Disponible à : www.sandec.ch
- Robbins, D. M. and Ligon, G.C. (2014). *How to Design Wastewater Systems for Local Conditions in Developing Countries*. IWA Publishing, London, UK.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US.
- Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.
- Wastewater Solutions for Development. <http://watsanexp.ning.com/page/pretreatment-and-grease> (accès en février 2014)

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input checked="" type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	<input checked="" type="checkbox"/> Eaux noires <input checked="" type="checkbox"/> Eaux brunes <input checked="" type="checkbox"/> Eaux grises
		Produits sortants :
		<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Boues



Un décanteur est une technologie de traitement primaire des eaux usées, qui est conçue pour éliminer les matières en suspension par sédimentation. On peut également l'appeler bassin/ouvrage de sédimentation ou de décantation, ou encore clarificateur. La faible vitesse d'écoulement dans un décanteur permet aux particules décantables de couler au fond, alors que les composés plus légers que l'eau flottent à la surface.

La sédimentation est également utilisée pour l'élimination des sables (consulter la section PRE, p. 100), pour une clarification secondaire lors du traitement de boues activées (consulter la section T.12), après une coagulation/précipitation chimique ou pour l'épaississement des boues. Cette fiche d'information technologique présente l'utilisation des décanteurs comme des clarificateurs primaires, que l'on installe généralement après un prétraitement.

Les décanteurs peuvent offrir une réduction initiale considérable des matières en suspension (élimination de 50 à 70 %) et des matières organiques (réduction de 20 à 40 % de la DBO) et empêcher ces composants d'entraver les processus de traitement en aval.

Les décanteurs se présentent sous diverses formes, et ils remplissent parfois des fonctions supplémentaires. Ce sont des ouvrages indépendants ou intégrés dans des unités combinées de traitement. D'autres technologies dans ce compendium ont une fonction de décantation primaire ou comprennent un compartiment pour la décantation primaire :

- La fosse septique (S.9), où la fréquence faible de soutirage des boues entraîne une dégradation anaérobie des boues.
- Le premier compartiment dans un réacteur anaérobie compartimenté (S.10/T.3) et dans un filtre anaérobie (S.11/T.4) est généralement un décanteur. Toutefois, il est également possible de construire le décanteur séparément, par exemple dans des stations de traitement municipales ou dans le cas d'unités modulaires préfabriquées.
- Le réacteur à biogaz (S.12/T.17), que l'on peut considérer comme un décanteur conçu pour une digestion anaérobie et pour la production de biogaz.
- Le décanteur-digesteur (T.2) et la biofiltration sur boues anaérobies (UASB, T.11), conçus avec une digestion des boues décantées, empêchent les gaz et les particules de boues de la section inférieure de pénétrer/rentrer dans la section supérieure.
- Les bassins de lagunage (WSP, T.5), dont le premier bassin anaérobie est destiné à la décantation.
- Les bassins de sédimentation/d'épaississement (T.13), qui sont conçus pour séparer les fractions solides et liquides des boues de vidange.
- L'égout simplifié décanté (C.5), qui comprend des ouvrages d'interception au niveau des bâtiments.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Un décanteur vise principalement à faciliter la sédimentation

en réduisant la vitesse et les turbulences dans le flux d'eaux usées. Les décanteurs sont des ouvrages circulaires ou rectangulaires qui sont généralement conçus pour un temps de rétention hydraulique de 1,5 à 2,5 h. Une durée inférieure est nécessaire si la DBO ne doit pas être trop faible pour l'étape suivante du processus biologique. L'ouvrage doit être conçu pour assurer une performance satisfaisante au débit de pointe. Afin d'empêcher les remontées et les courts-circuits hydrauliques, et pour conserver l'écume à l'intérieur du bassin, il est important de bien construire l'entrée et la sortie, avec un système efficace de distribution et de collecte (cloisons, déversoirs ou conduites en T).

Selon la conception, le soutirage des boues peut se faire à l'aide d'une pompe à main, d'insufflateur d'air, d'une pompe à vide ou par gravité avec une prise de fond. Les grands décanteurs sont souvent équipés de ramasseurs mécaniques qui raclent continuellement les matières solides déposées au fond de l'ouvrage vers un puits de boues à la base du réservoir, d'où elles sont pompées vers la filière boues. Une pente de fond suffisante dans l'ouvrage facilite l'enlèvement des boues. L'enlèvement de l'écume peut également se faire manuellement ou mécaniquement.

L'efficacité du décanteur primaire dépend de facteurs comme les caractéristiques des eaux usées, le temps de rétention et la vitesse de sédimentation des boues. Elle peut être diminuée par l'effet du vent, la convection thermique et les courants de densité liés aux différences de températures et, dans des climats chauds, par la stratification thermique. Ces phénomènes peuvent entraîner des courts-circuits hydrauliques.

Plusieurs solutions permettent d'améliorer la performance des décanteurs, dont l'installation de plaques inclinées (lamelles) et de tubes qui augmentent la superficie de décantation, ou l'utilisation de coagulants chimiques.

Adéquation Le choix d'une technologie pour décanter les matières en suspension dépend de la taille et du type de l'installation, de la concentration des eaux usées, des capacités de gestion et de l'attrait pour un processus anaérobie, avec ou sans production de biogaz.

Les technologies qui comprennent déjà un type de décantation primaire (énumérées ci-dessus) ne nécessitent pas un décanteur additionnel séparé. Beaucoup de technologies de traitement exigent toutefois une élimination primaire des matières solides pour fonctionner correctement.

Bien que l'installation d'un bassin de décantation primaire soit souvent omise dans de petites stations à boues

activées, c'est un point particulièrement important pour les technologies de traitement par filtration. Il est également possible d'installer des décanteurs comme bassins de retenue pour les eaux pluviales pour éliminer une portion des matières organiques en suspension qui sinon seraient déversées dans l'environnement.

Aspects sanitaires/acceptation Pour éviter l'émission de gaz odorants, une évacuation fréquente des boues est nécessaire. Les boues et l'écume doivent être manipulées prudemment, car elles contiennent des niveaux élevés d'organismes pathogènes et elles nécessitent un traitement complémentaire et une élimination adéquate. Des vêtements de protection appropriés sont requis pour les travailleurs qui pourraient entrer en contact avec les effluents, l'écume ou les boues.

Exploitation Dans les décanteurs qui ne sont pas anaérobies, une élimination régulière des boues est nécessaire pour assurer l'absence de conditions anaérobies et empêcher l'accumulation et l'émanation de gaz susceptibles d'entraver le processus de décantation par une remontée des matières en suspension décantées. Les boues entraînées à la surface par les bulles de gaz sont difficiles à éliminer et risquent de se déverser dans l'étape de traitement suivante.

Il est également important de retirer fréquemment l'écume et de la traiter/mettre en décharge de manière adéquate, soit avec les boues, soit séparément.

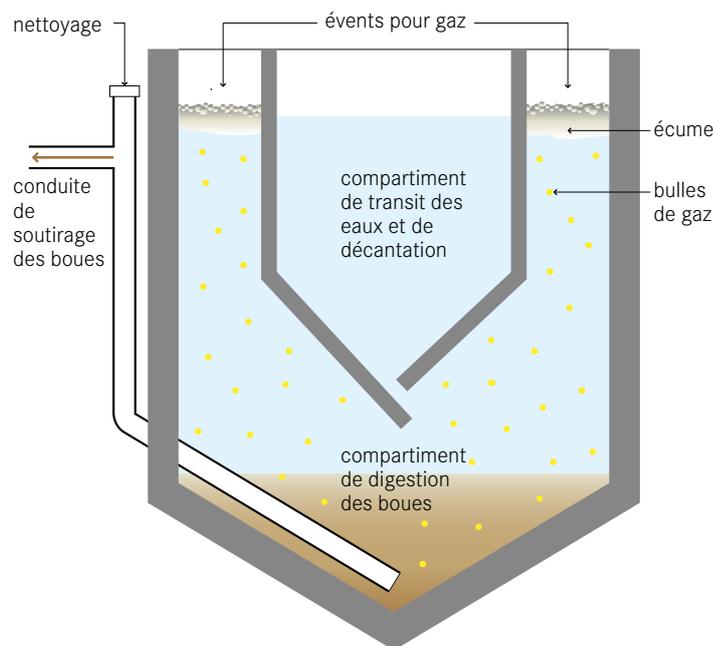
Avantages et inconvénients

- + Technologie simple et robuste
- + Élimination efficace des matières solides en suspension
- + Coûts d'investissement et d'exploitation relativement faibles
- Soutirage fréquent des boues
- Les effluents, les boues et l'écume nécessitent un traitement complémentaire
- Il peut y avoir des problèmes de court-circuit hydraulique

Références et lectures supplémentaires

- EPA Ireland (1997). *Waste Water Treatment Manuals – Primary, Secondary and Tertiary Treatment*. Wexford, IE. Disponible à : www.epa.ie
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US.

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input checked="" type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> Ménages <input type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	<input checked="" type="checkbox"/> Eaux noires <input checked="" type="checkbox"/> Eaux brunes <input type="checkbox"/> Eaux grises
		Produits sortants :
		<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Boues



Le décanteur-digester (ou fosse Imhoff) est une technologie de traitement primaire des eaux usées brutes, conçue pour la séparation liquide/solide et pour la digestion des boues décantées. Elle comprend un compartiment de décantation en V placé au-dessus d'un compartiment de digestion des boues fuselé et équipé d'évents pour les gaz.

Le décanteur-digester est un décanteur robuste et efficace qui entraîne une réduction de 50 à 70 % des matières solides en suspension et de 25 à 50 % de la DBO, et qui offre une bonne stabilisation potentielle des boues – selon la conception et les conditions. La forme du compartiment de décantation est circulaire ou rectangulaire, avec des parois en V et une fente de fond, ce qui permet la décantation des matières solides dans le compartiment de digestion tout en empêchant les gaz odorants de remonter dans le décanteur et d'y perturber le processus de décantation. Les gaz générés dans le compartiment de digestion remontent via des événements de gaz situés en bordure du réacteur. Ils transportent des particules de boues vers la surface, créant ainsi une couche d'écume. Les boues s'accumulent dans le compartiment de digestion où elles sont épaissies et partiellement stabilisées via une digestion anaérobie.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Le décanteur-digester est généralement construit sous terre avec du béton armé.

Il est toutefois également possible de la construire au-dessus du sol, ce qui facilite l'élimination des boues par gravité, bien que cela nécessite un pompage des effluents entrant. De petits décanteurs digesteurs préfabriqués sont également disponibles sur le marché. Le temps de rétention hydraulique ne dépasse généralement pas 2 à 4 heures, afin de préserver les effluents aérobies en vue d'un traitement complémentaire ou d'un rejet. Des conduites en T ou des cloisons sont utilisées aux niveaux de l'entrée et de la sortie pour réduire la vitesse et empêcher l'écume de sortir du système. La profondeur totale de l'eau dans l'ouvrage, du fond jusqu'à la surface de l'eau, peut atteindre 7 à 9,5 m. Le fond du compartiment de décantation est généralement incliné avec un rapport vertical/horizontal de 1,25 à 1,75/1 et l'ouverture pour le passage des boues peut faire de 150 à 300 mm de largeur. L'inclinaison minimale des parois de la zone de digestion des boues doit être de 45°. Ceci permet le glissement des boues vers le bas jusqu'en son centre, où il est possible de les soutirer. Les dimensions du compartiment de digestion anaérobie dépendent principalement de la production de boues par équivalent-habitant, de l'objectif de stabilisation des boues (lié à la fréquence de soutirage des boues) et de la température. Le compartiment de digestion est généralement conçu pour une capacité de stockage des boues de 4 à 12 mois afin de permettre une digestion anaérobie suffisante.

Dans des climats plus froids, un temps de rétention des boues et, en conséquence, un volume plus important sont nécessaires. Pour le soutirage des boues, il faut installer une conduite et une pompe ou prévoir un accès pour des camions de vidange et des pompes mobiles. Un dégrilleur ou un dessableur (consulter la section PRE, p. 100) est recommandé avant le décanteur-digester pour empêcher les matériaux grossiers de perturber le système.

Adéquation Les décanteurs-digesteurs sont recommandés pour des flux d'eaux usées domestiques ou mixtes de 50 à 20 000 équivalents-habitants. Ils sont capables de traiter d'importantes charges de matières organiques et résistent aux surcharges organiques. Les besoins en espace sont faibles.

Il est possible d'utiliser les décanteurs-digesteurs dans des climats chauds et froids. Comme l'ouvrage est très haut, on peut le construire sous terre si le niveau de la nappe phréatique est bas et si l'emplacement n'est pas inondable.

Aspects sanitaires/acceptation Comme les effluents sont pratiquement inodores, cette technologie constitue une bonne solution pour un traitement primaire si un traitement aval existe, par exemple dans du lagunage, des filtres plantés ou des lits bactériens. Les gaz produits en faibles quantités peuvent toutefois générer localement des odeurs. L'élimination des agents pathogènes est faible et tous les produits sortants doivent être traités ultérieurement. Des vêtements de protection appropriés sont requis pour les travailleurs qui pourraient entrer en contact avec les effluents, l'écume ou les boues.

Exploitation Le fonctionnement et l'entretien sont possibles à un coût faible, s'ils sont confiés à du personnel formé. Les canaux doivent être maintenus ouverts et nettoyés chaque semaine, et l'écume (dans le compartiment de décantation et dans les événements de gaz) doit être enlevée au quotidien selon les besoins. Les boues stabilisées provenant du fond du compartiment de digestion doivent être soutirées selon le mode prévu à la conception. Il faut assurer un espace minimal constant de 50 cm entre la zone de boue et l'orifice du compartiment de décantation.

Avantages et inconvénients

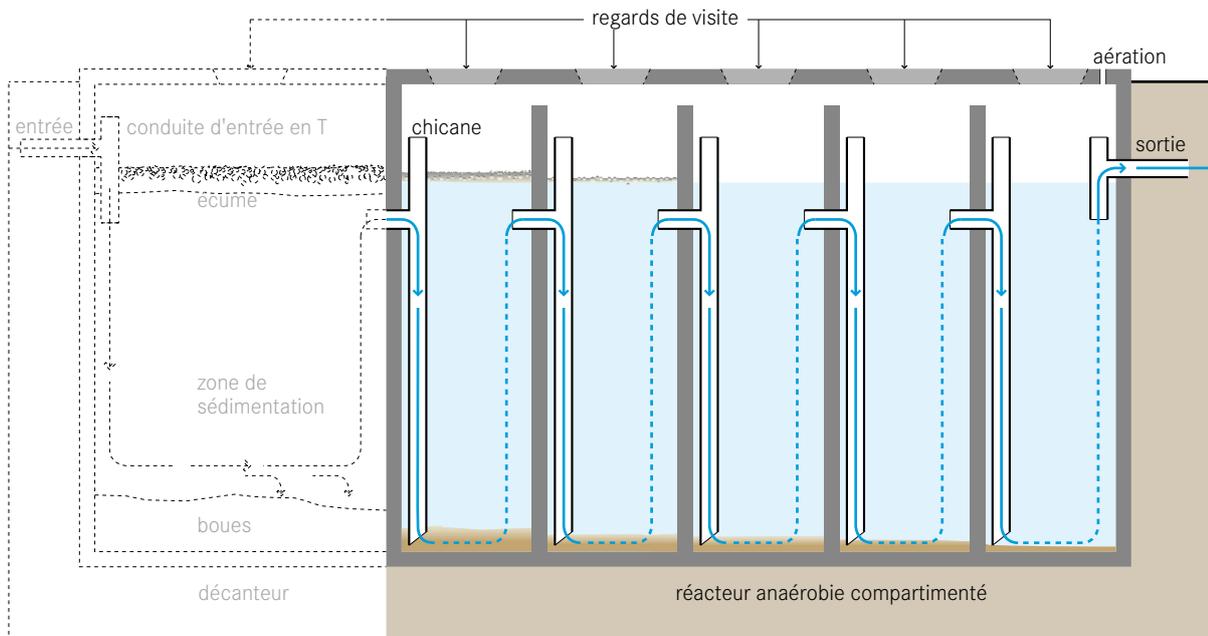
- + La séparation des matières solides et liquides et la stabilisation des boues sont combinées dans une seule unité
- + Résiste aux surcharges de matières organiques
- + Petite surface de terrain requise

- + Les effluents ne sont pas septiques (odeurs faibles)
- + Faible coût d'exploitation
- Infrastructure très haute (ou profonde) ; la profondeur peut poser des problèmes si le niveau de la nappe phréatique est élevé
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Faible réduction des agents pathogènes
- Les effluents, les boues et l'écume nécessitent un traitement complémentaire

Références et lectures supplémentaires

- Alexandre, O., Boutin, C., Duchène, Ph., Lagrange, C., Lakel, A., Liénard, A. and Orditz, D. (1998). *Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités*. Document technique FNDAE n° 22, Cemagref, Lyon, FR. Disponible à : www.fndae.fr
- Herrera, A. (2006). *Rehabilitation of the Imhoff Tank Treatment Plant in Las Vegas, Santa Barbara Honduras, Central America*. Master thesis, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Texas, Austin, US. (Étude de cas fournissant des informations générales sur les fosses Imhoff et des idées sur leur mise en œuvre et les problèmes induits. Des recommandations en matière de fonctionnement et d'entretien sont fournies.)
- McLean, R. C. (2009). *Honduras Wastewater Treatment: Chemically Enhanced Primary Treatment and Sustainable Secondary Treatment Technologies for Use with Imhoff Tanks*. Master thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, US. (Étude de cas avec une description détaillée de la fonctionnalité du décanteur-digester)
- Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK. (Guide complet sur la planification et la mise en œuvre d'options de traitement décentralisé des eaux usées. Comprend des études de cas et des feuilles de calcul Excel pour les calculs de la conception.)
- WSP (Ed.) (2008). *Philippines Sanitation Sourcebook and Decision Aid*. Water and Sanitation Program, Washington, D.C., US. Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home (Informations de base sur les technologies d'assainissement peu coûteuses pour les décideurs. Présente des feuillets d'information sur environ 23 possibilités sélectionnées, y compris le décanteur-digester.)

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<input type="checkbox"/> ★ Ménages <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Voisinage <input type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> ★ Ménages <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Partagé <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Public	<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Eaux noires <input checked="" type="checkbox"/> Eaux brunes <input type="checkbox"/> Eaux grises
		Produits sortants :
		<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Boues



Un réacteur anaérobie compartimenté (ou réacteur anaérobie à chicanes) est une fosse septique (S.9) améliorée, équipée d'une série de cloisons entre lesquelles l'écoulement des eaux usées est forcé. L'augmentation du temps de contact avec la biomasse active (boues) génère une amélioration du traitement.

Les compartiments à flux ascendant permettent une amélioration de l'élimination et de la digestion des matières organiques. Une réduction jusqu'à 90 % de la DBO est possible, ce qui est largement supérieur aux valeurs obtenues avec une fosse septique classique.

Éléments à prendre en compte pour la conception

La majorité des matières décantables sont éliminées dans une zone de décantation positionnée directement devant le réacteur anaérobie compartimenté. Des dispositifs autonomes de petite taille sont généralement équipés d'un compartiment de décantation (illustré dans la section S.10), mais la décantation primaire peut également se produire dans un décanteur (T.1) séparé ou par le biais d'une autre technologie existante (par exemple, des fosses septiques). Les conceptions sans compartiment de décantation intégré présentent un intérêt particulier pour des stations de traitement (semi-)centralisé qui allient le réacteur anaérobie compartimenté à une autre technologie pour la décantation primaire, ou si l'on utilise des unités modulaires préfabriquées.

Les flux entrants vont généralement de 2 à 200 m³ par jour. Les principaux paramètres de conception comprennent le temps de rétention hydraulique (de 48 à 72 heures), la vitesse ascensionnelle (inférieure à 0,6 m/h) et le nombre de compartiment à flux ascendant (de 3 à 6). Le raccordement entre les fosses peut être conçu à l'aide de conduites verticales ou de cloisons. L'accessibilité à tous les compartiments (par des ouvertures d'accès) est nécessaire pour l'entretien. En général, on ne recueille pas le biogaz qui a été produit dans un réacteur anaérobie compartimenté par le biais du processus de digestion anaérobie, en raison de sa faible quantité. La fosse doit être ventilée pour une libération contrôlée des gaz odorants et potentiellement nocifs.

Adéquation Cette technologie est facilement adaptable et il est possible de l'appliquer au niveau des ménages, des quartiers, voire dans des regroupements plus importants. Elle est plus appropriée lorsqu'une quantité relativement constante d'eaux noires ou d'eaux grises est générée. Un réacteur anaérobie compartimenté (semi-)centralisé est approprié s'il existe une technologie de transport en aval, comme un égout simplifié (C.4).

Cette technologie est adaptée pour des zones où la surface de terrain est éventuellement limitée, puisqu'on installe plus fréquemment la fosse sous terre et qu'elle

requiert une petite surface. Toutefois, un camion de vidange doit pouvoir accéder à l'emplacement, car les boues doivent être régulièrement éliminées (en particulier depuis le décanteur).

Il est possible d'installer des réacteurs anaérobies compartimentés dans tous types de climats, bien que leur efficacité soit inférieure dans des climats plus froids. Ils ne sont pas efficaces pour éliminer les nutriments et les agents pathogènes. Les effluents nécessitent généralement un traitement complémentaire.

Aspects sanitaires/acceptation Dans des conditions de fonctionnement normales, les utilisateurs doivent éviter tout contact avec les effluents. Les effluents, l'écume et les boues doivent être manipulés avec prudence, car ils contiennent des niveaux élevés d'organismes pathogènes. Les effluents contiennent des composés odorants qu'il faut éventuellement retirer lors d'une étape de traitement complémentaire (finition). Il faut veiller à concevoir et à positionner l'installation de sorte que les odeurs n'incommodent pas les membres de la communauté.

Exploitation Un réacteur anaérobie compartimenté nécessite une période de démarrage de plusieurs mois pour atteindre sa pleine capacité de traitement, car le développement lent de la biomasse anaérobie doit d'abord être établi dans le réacteur. Afin de réduire le délai de démarrage, on peut inoculer le réacteur anaérobie compartimenté avec des bactéries anaérobies, par exemple en ajoutant de la bouse de vache fraîche ou des boues de fosse septique. Le stock de bactéries actives qui est ajouté peut alors se développer et s'adapter aux eaux usées qui sont introduites. Du fait d'un milieu biologique sensible, il faut veiller à ne pas déverser des substances chimiques fortes dans le réacteur anaérobie compartimenté.

Les niveaux d'écume et de boues doivent être surveillés pour assurer un fonctionnement adéquat de la fosse. En général, aucun réglage du processus de traitement n'est nécessaire, et l'entretien se limite au retrait des accumulations de boues et d'écume tous les 1 à trois ans. Cette procédure est plus efficace via une technologie de vidange et transport motorisés (C.3). La fréquence de soutirage des boues dépend des étapes de prétraitement choisies, ainsi que de la conception du réacteur anaérobie compartimenté.

Les fosses de réacteur anaérobie compartimenté doivent être contrôlées de temps à autre pour en vérifier l'étanchéité.

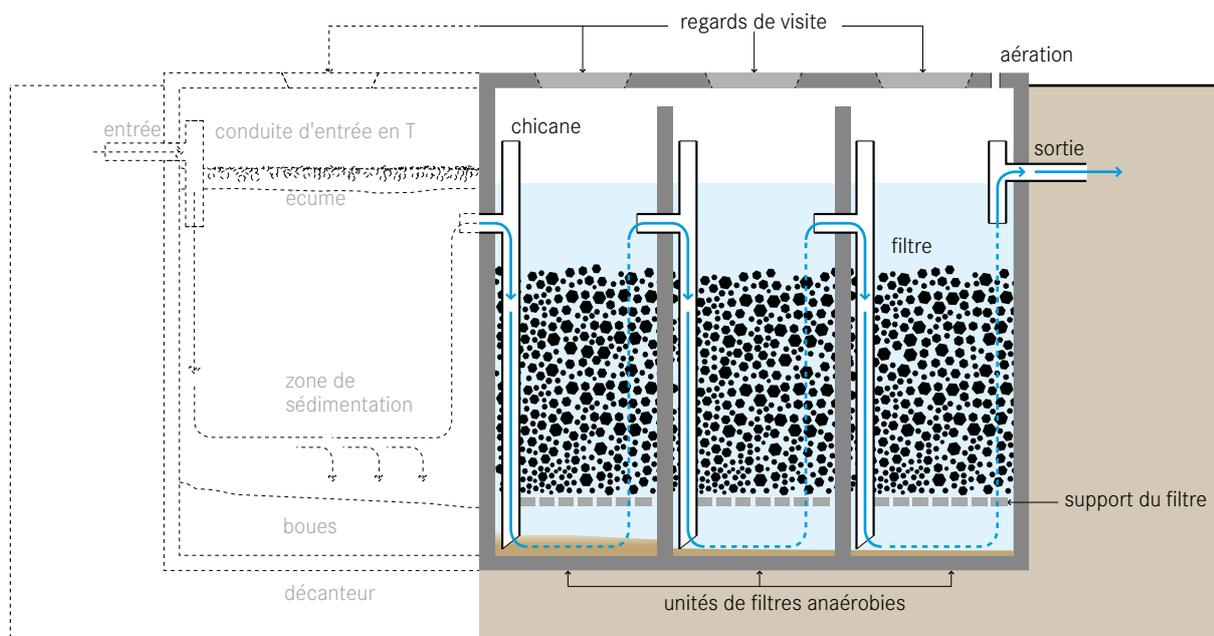
Avantages et inconvénients

- + Résiste aux surcharges de matières organiques et hydrauliques
- + Pas d'électricité requise
- + Faible coût d'exploitation
- + Longue durée de service
- + Réduction significative de la DBO
- + Production lente des boues ; les boues sont stabilisées
- + Petite surface requise (peut être construit sous terre)
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Faible réduction des agents pathogènes et des nutriments
- Les effluents et les boues nécessitent un traitement complémentaire et/ou une évacuation appropriée

Références et lectures supplémentaires

- Bachmann, A., Beard, V. L. and McCarty, P. L. (1985). *Performance Characteristics of the Anaerobic Baffled Reactor*. Water Research 19 (1): 99-106.
- Barber, W. P. and Stuckey, D. C. (1999). *The Use of the Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment: A Review*. Water Research 33 (7): 1559-1578.
- Foxon, K. M., Buckley, C. A., Brouckaert, C. J., Dama, P., Mtembu, Z., Rodda, N., Smith, M., Pillay, S., Arjun, N., Lalbahadur, T. and Bux, F. (2006). *Evaluation of the Anaerobic Baffled Reactor for Sanitation in Dense Peri-urban Settlements*. WRC Report No 1248/01/06, Water Research Commission, Pretoria, ZA.
Disponible à : www.wrc.org.za
- Foxon, K. M., Pillay, S., Lalbahadur, T., Rodda, N., Holder, F. and Buckley, C. A. (2004). *The Anaerobic Baffled Reactor (ABR): An Appropriate Technology for on-Site Sanitation*. Water SA 30 (5) (Special Edition).
Disponible à : www.wrc.org.za
- Stuckey, D. C. (2010). *Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment*. In: Environmental Anaerobic Technology. Applications and New Developments, H. H. P. Fang (Ed.), Imperial College Press, London, UK.
- Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<input type="checkbox"/> ★ Ménages <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Voisinage <input type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> ★ Ménages <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Partagé <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Public	<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input type="checkbox"/> Eaux noires <input type="checkbox"/> Eaux brunes <input type="checkbox"/> Eaux grises
		Produits sortants :
		<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input type="checkbox"/> Boues



Un filtre anaérobie est un réacteur biologique à cultures fixées comportant un ou plusieurs compartiments de filtration en série. Lorsque les eaux usées transitent à travers le filtre, les particules sont piégées et la biomasse active fixée à la surface du matériau filtrant dégrade les matières organiques.

Avec cette technologie, l'élimination des matières en suspension et de la DBO peut atteindre jusqu'à 90 %, mais elle se situe généralement entre 50 % et 80 %. L'élimination de l'azote est limitée et ne dépasse généralement pas 15 % de la totalité de l'azote.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Un prétraitement et un traitement primaire sont essentiels pour éliminer les matières en suspension et les déchets qui pourraient obstruer le filtre. La majorité des matières décantables sont éliminées dans un compartiment de décantation positionné en amont immédiat du filtre anaérobie. Des dispositifs autonomes de petite taille sont généralement équipés d'un compartiment de décantation intégré (illustré dans la section S.11), mais la décantation primaire peut également se produire dans un décanteur (T.1) séparé ou par le biais d'une autre technologie existante (par exemple, des fosses septiques). Les conceptions sans compartiment de décantation intégré présentent un intérêt particulier

pour des stations de traitement (semi-)centralisé qui allient le filtre anaérobie à d'autres technologies, comme un réacteur anaérobie compartimenté (T.3).

Les filtres anaérobies fonctionnent généralement par flux ascendant, car ils diminuent le risque de lessivage de la biomasse épuratrice. Le niveau d'eau doit recouvrir le matériau filtrant d'au moins 0,3 m pour garantir un régime d'écoulement homogène. Le temps de rétention hydraulique est le paramètre de conception le plus important, car il influence l'efficacité du filtre. On recommande un temps de rétention hydraulique de 12 à 36 heures.

Le filtre idéal doit avoir une grande surface spécifique afin de permettre le développement des bactéries, et une porosité suffisamment grande pour empêcher le colmatage. La surface spécifique assure un contact plus efficace entre la matière organique et la biomasse fixée qui la dégrade. Dans l'idéal, le matériau doit présenter une surface spécifique de 90 à 300 m² par m³ de volume de réacteur occupé. Les granulométries habituelles de matériau du filtre vont de 12 à 55 mm de diamètre. Parmi les matériaux couramment utilisés figurent le gravier, des pierres ou des briques broyées, des parpaings, de la pierre ponce ou des morceaux de plastique spécialement formés, selon les disponibilités à l'échelle locale. Le raccordement entre les fosses peut être conçu avec des canalisations verticales ou des cloisons. Un accès à

tous les compartiments (par des regards de visite) est nécessaire pour l'entretien.

La fosse doit être ventilée pour une libération contrôlée des gaz odorants et potentiellement nocifs.

Cette technologie est facilement adaptable et il est possible de l'appliquer au niveau des ménages, dans de petits quartiers, voire dans des regroupements plus importants. Elle est mieux appropriée lorsqu'une quantité relativement constante d'eaux noires ou d'eaux grises est présente. Il est possible d'utiliser le filtre anaérobie dans le cadre d'un traitement secondaire, afin de réduire le taux de charge de matières organiques pour une étape de traitement aérobie ultérieure ou pour un polissage.

Cette technologie est adaptée pour des zones où la surface de terrain peut être faible, puisque la fosse est plus couramment installée sous terre et requiert une petite surface. L'accessibilité par un camion de vidange est importante pour le soutirage des boues.

Il est possible d'installer des filtres anaérobies dans tout type de climat, bien que leur efficacité soit inférieure dans des climats plus froids. Ils ne sont pas efficaces pour éliminer les nutriments et les agents pathogènes. Selon le matériau du filtre, il est toutefois possible d'éliminer les œufs de vers. Les effluents nécessitent généralement un traitement complémentaire.

Aspects sanitaires/acceptation Dans des conditions de fonctionnement normales, les utilisateurs doivent éviter tout contact avec les effluents entrants ou sortants. Les effluents, l'écume et les boues doivent être manipulés prudemment, car ils contiennent des niveaux élevés d'organismes pathogènes. Les effluents contiennent des composés odorants qu'il faut éventuellement éliminer lors d'une étape de traitement supplémentaire. Il faut veiller à concevoir et à positionner l'installation de sorte que les odeurs ne dérangent pas les membres de la communauté.

Exploitation Un filtre anaérobie nécessite une période de démarrage de 6 à 9 mois pour atteindre sa pleine performance de traitement, car le développement lent de la biomasse anaérobie doit d'abord se faire sur l'élément filtrant. Afin de réduire le délai de démarrage, on peut inoculer le filtre avec des bactéries anaérobies, par exemple, en répandant des boues de fosse septique sur le matériau du filtre. Le débit entrant doit progressivement augmenter avec le temps. Du fait d'un milieu biologique sensible, il faut veiller à ne pas déverser des substances chimiques fortes dans le filtre anaérobie.

Les niveaux d'écume et de boues doivent être surveillés pour assurer un fonctionnement adéquat de la fosse. Avec le temps, les solides colmatent les pores du filtre. De plus, la biomasse épuratrice va s'épaissir, elle se détachera et finira par colmater les pores. Lorsque son efficacité diminue, le filtre doit être nettoyé. Cela se fait en faisant fonctionner le système en mode inversé (lavage à contre-courant) ou par le retrait et le nettoyage du matériau filtrant.

Les ouvrages de filtre anaérobie doivent être contrôlés de temps à autre pour en vérifier l'étanchéité.

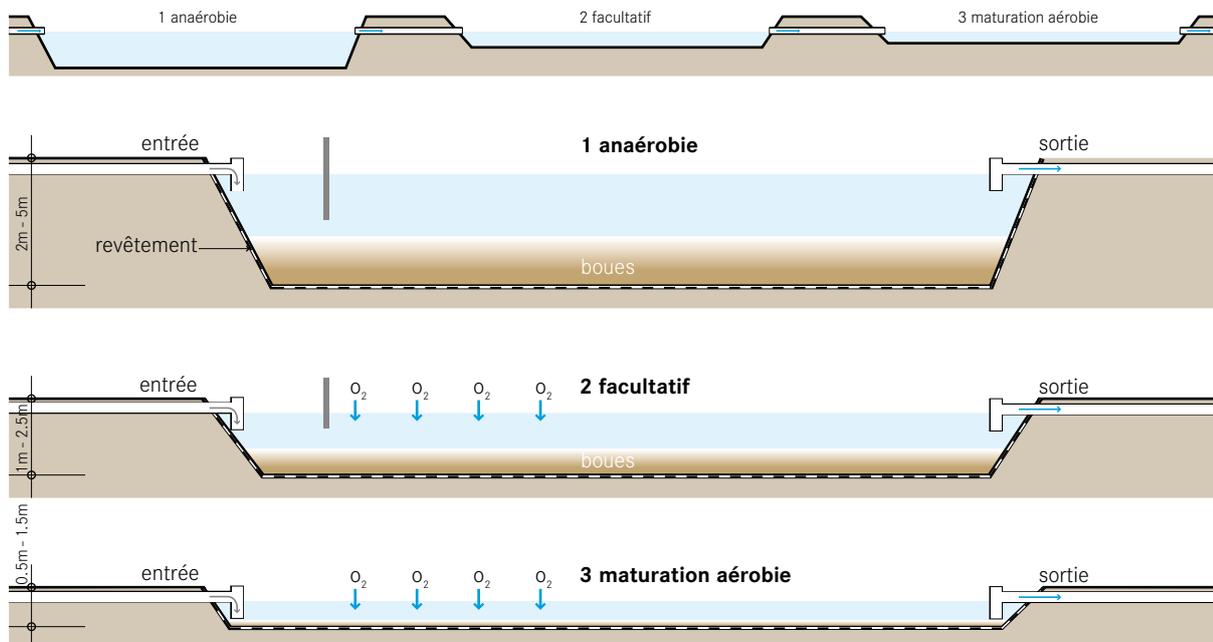
Avantages et inconvénients

- + Pas d'électricité requise
- + Faible coût d'exploitation
- + Longue durée de service
- + Réduction significative de la DBO et des matières solides
- + Production lente des boues ; les boues sont stabilisées
- + Surface modérée requise (peut être construit sous terre)
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Faible réduction des pathogènes et des nutriments
- Les effluents et les boues nécessitent un traitement complémentaire et/ou une évacuation appropriée
- Risque de colmatage, selon le prétraitement et le traitement primaire
- Le retrait et le nettoyage du matériau filtrant colmaté sont laborieux

Références et lectures supplémentaires

- Morel, A. and Diener, S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH. Disponible à : www.sandec.ch (Synthèse courte comprenant des études de cas – p. 28)
- von Sperling, M. and de Lemos Chernicharo, C. A. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions, Volume One*. IWA Publishing, London, UK. pp. 728-804. Disponible à : www.iwawaterwiki.org (Instructions de conception détaillées)
- Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK. (Synthèse de conception, y compris des feuilles de calcul Excel pour les calculs de la conception)

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input checked="" type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	<input checked="" type="checkbox"/> Eaux noires <input checked="" type="checkbox"/> Eaux brunes <input checked="" type="checkbox"/> Eaux grises <input checked="" type="checkbox"/> Boues
		Produits sortants :
		<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Boues



Les bassins de lagunage sont de grands plans d'eau artificiels. Il est possible d'utiliser les bassins individuellement ou de les relier en série pour un traitement amélioré. Il existe trois types de bassins : (1) anaérobie, (2) facultatif et (3) (maturation) aérobie, chacun avec un traitement différent et des caractéristiques de conception différentes.

Pour un traitement optimal, les bassins de lagunage doivent être reliés en série de trois bassins ou plus, où les effluents transitent depuis le bassin anaérobie vers le bassin facultatif et finissent dans le bassin de maturation aérobie. Le bassin anaérobie constitue la principale étape de traitement primaire et réduit la charge organique des eaux usées. Le bassin est anaérobie sur toute sa profondeur, qui est plus importante que dans les autres bassins. L'élimination des matières solides et de la DBO s'y déroule par décantation et digestion anaérobie des boues. Les bactéries anaérobies convertissent le carbone organique en méthane et, par ce processus, elles éliminent jusqu'à 60% de la DBO.

Dans une série de bassins de lagunage, les effluents provenant du bassin anaérobie sont transférés vers le bassin facultatif, où survient une élimination complémentaire de la DBO. La couche supérieure du bassin reçoit de l'oxygène due à la diffusion naturelle, au brassage par le vent et à la photosynthèse produite par les algues. La couche inférieure

est privée d'oxygène et devient anoxique ou anaérobie. Les matières solides décantables s'y accumulent et sont digérées au fond du bassin. Les organismes aérobies et anaérobies travaillent ensemble pour obtenir jusqu'à 75% de réduction de la DBO.

Les bassins anaérobies et les bassins facultatifs sont conçus pour une élimination de la DBO, et les bassins aérobies sont conçus pour l'élimination des agents pathogènes. Un bassin aérobie désigne souvent un bassin de maturation, tertiaire ou de polissage, car il constitue généralement la dernière étape d'une série de bassins et détermine le niveau de traitement final. C'est le moins profond des bassins, ce qui permet à la lumière du soleil d'y pénétrer sur toute sa profondeur pour la photosynthèse. Les algues photosynthétiques libèrent de l'oxygène dans l'eau tout en consommant le dioxyde de carbone produit par la respiration des bactéries. Parce que la photosynthèse est générée par la lumière du soleil, les niveaux d'oxygène dissout sont élevés pendant la journée, et faibles pendant la nuit. L'oxygène dissout est également fourni par le brassage naturel dû au vent.

Éléments à prendre en compte pour la conception Les bassins anaérobies sont construits à une profondeur de 2 à 5 m et nécessitent un temps de rétention relativement court de 1 à 7 jours. Les bassins facultatifs doivent être construits à une profondeur de 1 à 2,5 m et nécessitent

tent un temps de rétention de 5 à 30 jours. La profondeur des bassins aérobies est généralement de 0,5 à 1,5 m.

S'il est utilisé pour une production d'algues et/ou la pisciculture (consulter la section D.9), ce type de bassin est efficace pour éliminer la majorité de l'azote et du phosphore des effluents. Dans l'idéal, plusieurs bassins aérobies peuvent être construits en série pour assurer un haut degré d'élimination des agents pathogènes.

Un prétraitement (consulter la section PRE, p. 100) est essentiel pour empêcher la formation d'écume et la pénétration excessive de matières solides et d'ordures dans les bassins. Pour éviter une infiltration dans l'eau souterraine, les bassins doivent comporter un revêtement. Le revêtement peut être en argile, en asphalte, en terre compactée ou tout autre matériau imperméable. En vue de protéger le bassin contre les ruissellements et l'érosion, il faut construire une digue de protection autour du bassin à l'aide du matériau excavé. Une clôture doit être installée pour s'assurer de maintenir les personnes et les animaux à l'extérieur de la zone et d'empêcher l'introduction d'ordures dans les bassins.

Adéquation Les bassins de lagunage font partie des méthodes les plus courantes et les plus efficaces de traitement des eaux usées au monde. Ils conviennent en particulier pour des communautés rurales et périurbaines qui disposent d'un grand terrain libre éloigné des habitations et des espaces publics. Ils ne conviennent pas pour des zones urbaines très denses.

Aspects sanitaires/acceptation Bien que les effluents provenant des bassins aérobies contiennent généralement peu d'agents pathogènes, il ne faut jamais utiliser les bassins pour des activités récréatives ou comme source directe d'eau pour une consommation ou une utilisation domestique.

Exploitation L'écume qui s'accumule à la surface du bassin doit être régulièrement retirée. Les plantes aquatiques (macrophytes) qui sont présentes dans le bassin doivent également être retirées, car elles pourraient servir d'habitat de reproduction pour les moustiques et empêcher la lumière de pénétrer dans la couche d'eau.

Le bassin anaérobie doit faire l'objet de soutirages réguliers des boues, environ tous les 2 à 5 ans, lorsque les matières solides accumulées atteignent un tiers du volume du bassin. Pour les bassins facultatifs, l'élimination des boues est moins fréquente et, pour les bassins de maturation, un soutirage des boues n'est presque jamais nécessaire. Les boues peuvent être retirées à l'aide d'une pompe à boues montée sur un radeau, d'un racloir mécanique au fond du bassin ou, après vidage, par un séchage du bassin et retrait avec une pelle mécanique.

Avantages et inconvénients

- + Résiste aux surcharges de matières organiques et hydrauliques
- + Réduction significative des matières solides, de la DBO et des agents pathogènes
- + Élimination importante des nutriments dans le cas d'une combinaison avec l'aquaculture
- + Faible coût d'exploitation
- + Pas d'électricité requise
- + Aucun problème réel d'insectes ou d'odeurs si la conception et l'entretien sont appropriés
- Exige une large superficie de terrain
- Coût d'investissement élevé selon le prix du terrain
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Les boues nécessitent une élimination et un traitement appropriés

Références et lectures supplémentaires

- Kayombo, S., Mbwette, T. S. A., Katima, J. H. Y., Ladegaard, N. and Jorgensen, S. E. (2004). *Waste Stabilization Ponds and Constructed Wetlands Design Manual*. UNEP-IETC/Danida, Dar es Salaam, TZ/Copenhagen, DK.
Disponible à : www.unep.org
- Peña Varón, M. and Mara, D. D. (2004). *Waste Stabilisation Ponds*. Thematic Overview Paper. IRC International Water and Sanitation Centre, Delft, NL.
Disponible à : www.ircwash.org
- Shilton, A. (Ed.) (2005). *Pond Treatment Technology*. Integrated Environmental Technology Series, IWA Publishing, London, UK.
- von Sperling, M. (2007). *Waste Stabilisation Ponds*. Biological Wastewater Treatment Series, Volume Three. IWA Publishing, London, UK.
Disponible à : www.iwawaterwiki.org
- von Sperling, M. and de Lemos Chernicharo, C. A. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions, Volume One*. IWA Publishing, London, UK. pp. 495-656.
Disponible à : www.iwawaterwiki.org
- Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.
(Description détaillée et feuilles de calcul Excel pour les calculs de la conception)

Niveau d'application

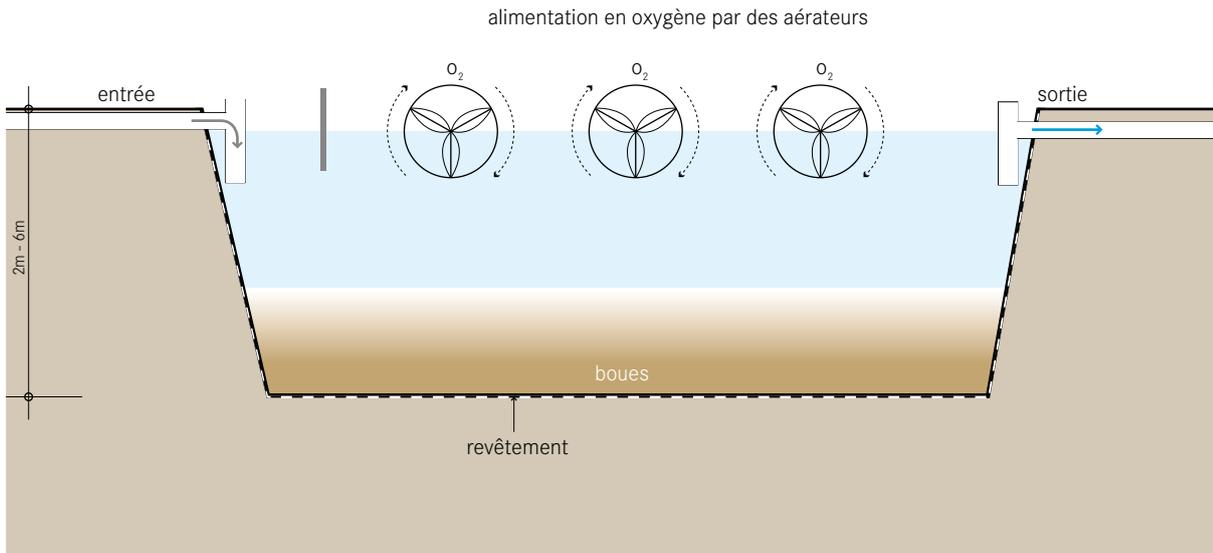
- Ménages
- Voisinage
- Ville

Niveau de gestion

- Ménages
- Partagé
- Public

Produits entrants : Effluents Eaux noires
 Eaux brunes Eaux grises

Produits sortants : Effluents Boues



Un lagunage aéré est un grand réacteur aérobie mixte. Des aérateurs mécaniques fournissent de l'oxygène et maintiennent en suspension et mélangent les organismes aérobies, pour obtenir un taux élevé de dégradation des matières organiques.

L'augmentation du mélange et de l'aération grâce à des unités mécaniques signifie que les bassins peuvent être plus profonds et qu'ils peuvent tolérer des charges de matières organiques bien plus importantes qu'un bassin de maturation. L'aération accrue permet d'augmenter les niveaux de dégradation et d'élimination des agents pathogènes. De plus, comme ce sont les unités mécaniques et non pas la photosynthèse en lien avec la lumière qui génèrent l'oxygène, le bassin peut fonctionner dans des climats moins ensoleillés.

Éléments à prendre en compte pour la conception Un dégrillage et un prétraitement des effluents entrants sont essentiels pour enlever les déchets et les particules grossières qui pourraient perturber les aérateurs. Parce que les équipements d'aération brassent le bassin, un ouvrage de décantation en aval immédiat est nécessaire pour séparer les effluents de la fraction solide.

Le bassin doit être construit à une profondeur de 2 à 5 m et nécessite un temps de rétention de 3 à 20 jours, selon l'objectif de traitement.

Pour éviter les infiltrations, le bassin doit comporter un revêtement. Le revêtement peut être en argile, en asphalte, en terre compactée ou tout autre matériau imperméable. En vue de protéger le bassin contre les ruissellements et l'érosion, il faut construire une digue de protection autour du bassin à l'aide du remblai excavé.

Adéquation Un bassin aéré par un dispositif mécanique peut être efficace pour prendre en charge des effluents entrants concentrés et réduire considérablement les niveaux d'agents pathogènes. Il est particulièrement important que l'alimentation électrique soit ininterrompue et que des pièces de rechange soient disponibles pour éviter des temps d'arrêts prolongés susceptibles de rendre le bassin anaérobie.

Les bassins aérés conviennent dans des environnements ruraux et périurbains. Ils sont particulièrement adaptés aux régions avec de grandes surfaces de terrain peu coûteuses et éloignées des habitations et des entreprises. Les lagunes aérées peuvent fonctionner dans un plus grand éventail de climats que les bassins de lagunage (T.5) et les besoins en surface sont moindres comparés à un bassin de maturation.

Aspects sanitaires/acceptation Le bassin est une vaste étendue d'eaux usées pathogènes ; il faut veiller à ce que personne n'entre en contact ou n'aïlle dans l'eau. Les unités d'aération peuvent être dangereuses pour les personnes et pour les animaux. Il faut installer des clôtures et des panneaux et prendre les mesures nécessaires pour empêcher l'accès à la zone.

Exploitation Un personnel compétent permanent est nécessaire pour assurer l'entretien et la réparation des équipements d'aération, et le bassin doit faire l'objet d'un soutirage des boues tous les 2 à 5 ans. Il faut veiller à ce que le bassin ne soit pas utilisé comme une décharge d'ordures, particulièrement à cause des dommages éventuels que cela produirait sur les équipements d'aération.

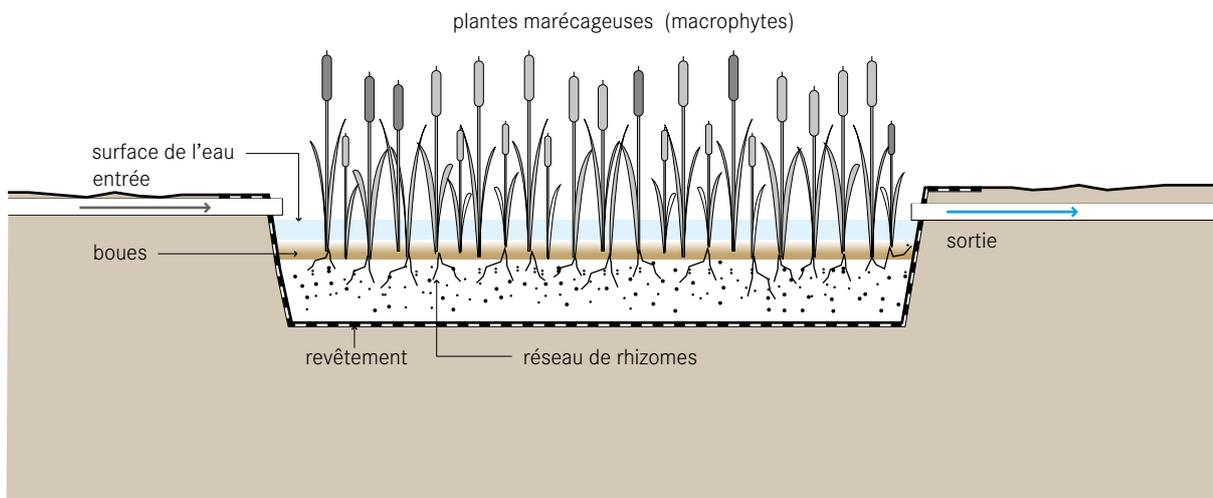
Avantages et inconvénients

- + Résiste aux surcharges de matières organiques et hydrauliques
- + Réduction significative de la DBO et des agents pathogènes
- + Aucun problème réel d'insectes ou d'odeurs si la conception et l'entretien sont appropriés
- Exige une superficie de terrain étendue
- Consommation d'énergie élevée ; une alimentation électrique constante est requise
- Coûts d'investissement et d'exploitation élevés selon le prix du terrain et de l'électricité
- Exige que du personnel compétent assure l'exploitation et l'entretien
- Toutes les pièces et tous les matériaux risquent de ne pas être disponibles localement
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Les boues et les effluents éventuels nécessitent un traitement complémentaire et/ou une évacuation appropriée

Références et lectures supplémentaires

- Arthur, J. P. (1983). *Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries*. World Bank Technical Paper No. 7. The World Bank, Washington, D.C., US.
Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home
(Remarques sur l'applicabilité et l'efficacité)
- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US. pp. 527-558.
(Chapitre récapitulatif complet)
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US. pp. 840-854.
(Conception détaillée et exemples de problèmes)

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Effluents  Eaux pluviales
 Ménages	 Ménages	Produits sortants :  Effluents  Biomasse
 Voisinage	 Partagé	
 Ville	 Public	



Un marais artificiel à écoulement surfacique vise à répliquer les processus naturels d'un marais ou d'un marécage naturel. Lorsque l'eau transite lentement à travers le marais, les particules se déposent, les agents pathogènes sont détruits et les organismes et les plantes consomment les nutriments. Ce type de marais artificiel est couramment utilisé comme complément de traitement après des processus de traitement secondaire ou tertiaire.

Contrairement au filtre planté horizontal (T.8), le marais artificiel à écoulement surfacique permet à l'eau de s'écouler au-dessus du sol, exposée à l'atmosphère et à la lumière directe du soleil. Lorsque l'eau transite lentement à travers le marais, les processus physiques, chimiques et biologiques qui s'opèrent simultanément filtrent les matières solides, dégradent les matières organiques et éliminent les nutriments des eaux usées.

Les eaux noires brutes doivent être préalablement traitées pour empêcher une accumulation excessive de matières solides et d'ordures. Une fois dans le bassin, les particules les plus grossières se déposent, ce qui retient également les nutriments qui y sont fixés. Les plantes et les colonies de microorganismes qu'elles abritent (sur les tiges et les racines) prélèvent des nutriments comme l'azote et le phosphore. Des réactions chimiques peuvent entraîner une séparation d'au-

tres éléments des eaux usées par précipitation. Les agents pathogènes sont éliminés de l'eau par un processus de dégradation naturelle, par la prédation par d'autres organismes, par la décantation et le rayonnement UV.

Bien que la couche de sol sous l'eau soit anaérobie, les racines des plantes dégagent (libèrent) de l'oxygène dans la zone immédiatement autour des rhizomes, créant ainsi un environnement favorable à activité biologique et chimique complexe.

Éléments à prendre en compte pour la conception Le canal ou le bassin est revêtu d'un revêtement imperméable (argile ou géotextile) recouverte de roches, de gravier et de sol et où des plantes indigènes sont plantées (par exemple, massettes, roseaux et/ou joncs). Les eaux usées baignent le marais jusqu'à une profondeur de 10 à 45 cm au-dessus du niveau du sol. Le marais est compartimenté en au moins deux voies d'écoulement indépendantes. Le nombre de compartiments en série dépend de l'objectif de traitement. L'efficacité du marais artificiel à écoulement surfacique dépend également de la bonne distribution d'eau au niveau de l'entrée. Les eaux usées peuvent être introduites dans le marais à l'aide de déversoirs ou en perçant des trous dans une conduite d'alimentation, afin d'assurer une distribution homogène à intervalles réguliers.

Adéquation Les marais artificiels à écoulement surfacique offrent un haut niveau d'élimination des matières solides en suspension et une élimination modérée des agents pathogènes, des nutriments et d'autres polluants, comme les métaux lourds. Cette technologie peut tolérer des niveaux d'eau et des charges de nutriments variables. Les plantes limitent l'oxygène dissout dans l'eau en fournissant de l'ombre et une protection contre le vent ; ainsi, ce type de marais n'est adapté que pour des eaux usées peu concentrées. De ce fait également, elle n'est adaptée que lorsqu'elle succède à des traitements primaires adaptés, pour réduire la DBO. En raison du risque d'exposition des personnes aux agents pathogènes, cette technologie est rarement utilisée comme traitement secondaire. En général, on l'utilise pour le polissage des effluents qui ont déjà subi un traitement secondaire ou pour la rétention et le traitement des eaux pluviales.

Le marais à écoulement surfacique est une bonne solution pour des zones où les terres sont peu coûteuses et disponibles. Selon le volume d'eau et les besoins en superficie pour le marais, cette technologie peut être appropriée pour de petites sections urbaines, et pour des communautés périurbaines et rurales. Cette technologie est mieux adaptée pour des climats chauds, mais il est possible de la concevoir pour tolérer le gel et des périodes de faible activité biologique.

Aspects sanitaires/acceptation La surface à ciel ouvert peut servir de milieu de reproduction potentiel pour les moustiques. Toutefois, une conception et un entretien appropriés peuvent l'éviter. En général, les marais artificiels à écoulement surfacique sont esthétiques, particulièrement lorsqu'ils sont intégrés dans des zones naturelles préexistantes.

Il faut veiller à éviter que des personnes entrent en contact avec les effluents, en raison du risque de transmission de maladies et de noyade en eau profonde.

Exploitation Un entretien régulier devrait éviter les courts-circuits hydrauliques ou élévations de niveau dues aux chutes de branches, de déchets ou de barrages de castor qui bloqueraient la sortie du marais. Il peut être nécessaire de tailler ou de faucher régulièrement la végétation.

Avantages et inconvénients

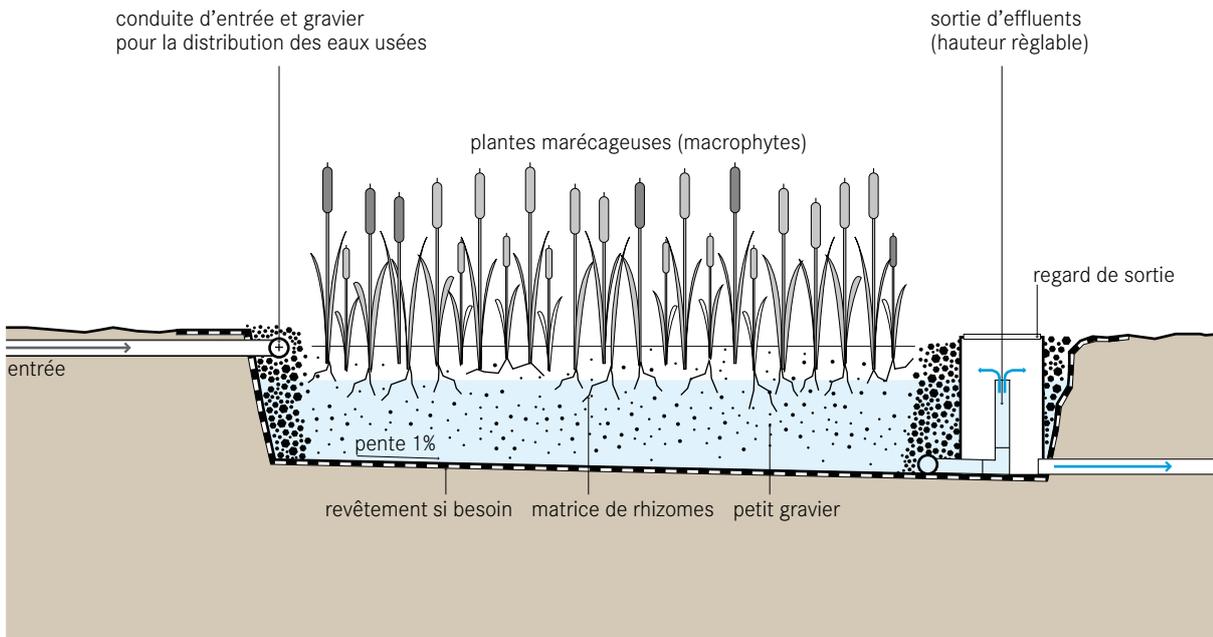
- + Esthétique et fournit un habitat pour la faune
- + Réduction significative de la DBO et des matières solides ; élimination modérée des agents pathogènes

- + Peut être construit et réparé avec des matériaux locaux
- + Pas d'électricité requise
- + Aucun problème réel d'insectes d'odeurs si la conception et l'entretien sont appropriés
- + Faible coût d'exploitation
- Peut promouvoir la reproduction des moustiques
- Exige une superficie de terrain étendue
- Long délai de démarrage pour un fonctionnement à pleine capacité
- Requiert une conception et une construction spécialisées

Références et lectures supplémentaires

- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US. pp. 582-599.
(Chapitre récapitulatif complet, y compris des solutions aux problèmes)
- Kadlec, R. H., Knight, R. L., Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P. and Haberl, R. (2000). *Constructed Wetlands for Pollution Control. Processes, Performance, Design and Operation*. Scientific and Technical Report No. 8. IWA Publishing, London, UK.
Disponible à : www.iwaterwiki.org
- Kadlec, R. H. and Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands*. 2nd Ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, US.
- Merz, S. L. (2000). *Guidelines for Using Free Water Surface Constructed Wetlands to Treat Municipal Sewage*. Queensland Department of Natural Resources, Brisbane, AU.
- Poh-Eng, L. and Polprasert, C. (1998). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Resource Recovery*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, TH.
- Polprasert, C., Veenstra, S. and van der Steen, P. (2001). *Wastewater Treatment II. Natural Systems for Wastewater Management, Chapter 6*. UNESCO-IHE, Delft, NL.
- U.S. EPA (2000). *Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*. EPA/625/R-99/010. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US.
Disponible à : www.epa.gov
- Vymazal, J. (2008). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: A Review*. In: Proceedings of Taal 2007: The 12th World Lake Conference, M. Sengupta and R. Dalwani (Eds.). pp. 965-980.
Disponible à : www.moef.nic.in

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<input type="checkbox"/> ★ Ménages <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Voisinage <input type="checkbox"/> ★ Ville	<input type="checkbox"/> ★ Ménages <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Partagé <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Public	<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Eaux noires <input checked="" type="checkbox"/> Eaux brunes <input type="checkbox"/> Eaux grises
		Produits sortants :
		<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Biomasse



Un filtre planté horizontal est un bassin rempli de gravier, dans lequel des végétaux marécageux (macrophytes) ont été plantés. Lorsque les eaux usées transitent horizontalement à travers le bassin, le matériau filtrant filtre les particules, et les microorganismes épurateurs dégradent la matière organique.

Le matériau filtrant agit comme filtre pour retenir les matières solides en suspension, comme un support sur laquelle la biomasse épuratrice peut se fixer, et comme ancrage pour la végétation. Bien que ce soit des bactéries facultatives et anaérobies qui dégradent majoritairement les matières organiques, la végétation permet de transférer une petite quantité d'oxygène dans la zone racinaire afin de permettre aux bactéries aérobies de coloniser la zone et de participer à l'épuration. Le rôle essentiel joué par les racines des plantes est cependant le maintien physique de la perméabilité du filtre.

Éléments à prendre en compte pour la conception La conception d'un filtre planté horizontal dépend de l'objectif de traitement ainsi que de la quantité et de la qualité des effluents à traiter. Elle peut se faire avec des filtres en parallèle ou en série. L'efficacité de traitement du filtre planté horizontal dépend non seulement de sa taille mais aussi de la granulométrie du matériau filtrant (plus les grains sont petits, plus le traitement est important, mais

plus le risque de colmatage est élevé). Le filtre est souvent plus large que long pour accepter des débits importants. Sa profondeur est typiquement de 0,6 à 1 m pour maximiser le contact des racines et de l'effluent.

Un prétraitement et un traitement primaire fiable et efficace (de type T.3, T.4 ou T.9) sont essentiels pour éviter le colmatage du matériau filtrant par des matières solides grossières. Les effluents entrants peuvent être aérés via une chute d'eau (cascade) à l'entrée ou un traitement primaire aérobique (de type T.9). Il est important de disposer d'un dispositif de distribution en entrée permettant une répartition uniforme des effluents pour empêcher les écoulements préférentiels. Des niveaux de réglage variables à la sortie permettent d'ajuster la ligne d'eau, située sous la surface de gravier.

Un gravier roulé de type 2-4 mm (norme officielle en Autriche) permet une capacité de traitement significative tout en maintenant une perméabilité hydraulique intéressante. Un gravier propre (taux de fines < 3%) est nécessaire pour éviter le colmatage. Le sable est parfois utilisé, mais il est susceptible de se colmater plus facilement et doit donc être réservé à des effluents déjà très faiblement concentrés, en traitement tertiaire par exemple.

Les plantes marécageuses utilisées doivent avoir des racines profondes qui se développent dans tous les sens, et qui s'adaptent parfaitement à un environnement humide, légèrement salin et riche en nutriments. *Phragmites australis* ou

communis (roseau) est couramment choisi parce qu'il forme une matrice de rhizomes efficace pour maintenir la perméabilité du massif filtrant et ainsi diminuer les risques de colmatage.

Adéquation Le colmatage du filtre étant le risque principal, les effluents doivent être préalablement bien décantés. Cette technologie ne convient pas pour des eaux usées domestiques brutes. C'est un bon traitement pour les communautés qui disposent d'un système de traitement primaire avancé (par exemple, T.4 T.9, T.10 ou T.3) et de suffisamment d'espace. Il n'est par ailleurs pas recommandé d'y admettre les eaux pluviales.

Cette technologie est adaptée aux climats chauds, mais il est possible de la concevoir pour tolérer le gel et des périodes de faible activité biologique; elle est très développée dans certains pays d'Europe.

Aspects sanitaires/acceptation Une élimination des agents pathogènes est possible grâce à un processus de dégradation naturelle, à la prédation biologique et à la filtration, mais elle reste limitée. Puisque l'eau s'écoule sous la surface, les contacts potentiels d'organismes pathogènes avec des personnes et des animaux sont minimisés. Le risque de reproduction des moustiques est réduit puisqu'il n'y a pas d'eau à ciel ouvert. Le filtre planté horizontal est esthétique et il est possible de bien l'intégrer dans des zones naturelles et dans des espaces verts.

Exploitation Au cours de la première saison de croissance des végétaux, il est important d'arracher les mauvaises herbes, qui pourraient rivaliser avec les végétaux plantés constitutifs du filtre. Avec le temps, l'accumulation de matières en suspension et de la biomasse épuratrice génère une diminution de la perméabilité, qui peut être équilibrée par l'ajustement du niveau dans le regard de sortie mais qui conduit à terme à un colmatage. Il faut alors remplacer le matériau filtrant, principalement au niveau de l'entrée, approximativement tous les 10 ans. Il est important que l'entretien du traitement primaire soit réalisé efficacement et fréquemment pour garantir une eau exempte de matières solides avant qu'elle ne pénètre dans le filtre. L'entretien doit également assurer que les abords sont propres, pour éviter le développement d'une végétation qui pourrait endommager la structure du filtre et abriter un développement animal non souhaité (rongeurs notamment). Le faucardage régulier avec évacuation des macrophytes peut permettre un meilleur contrôle du développement du végétal et fournir du fourrage s'il existe un intérêt local.

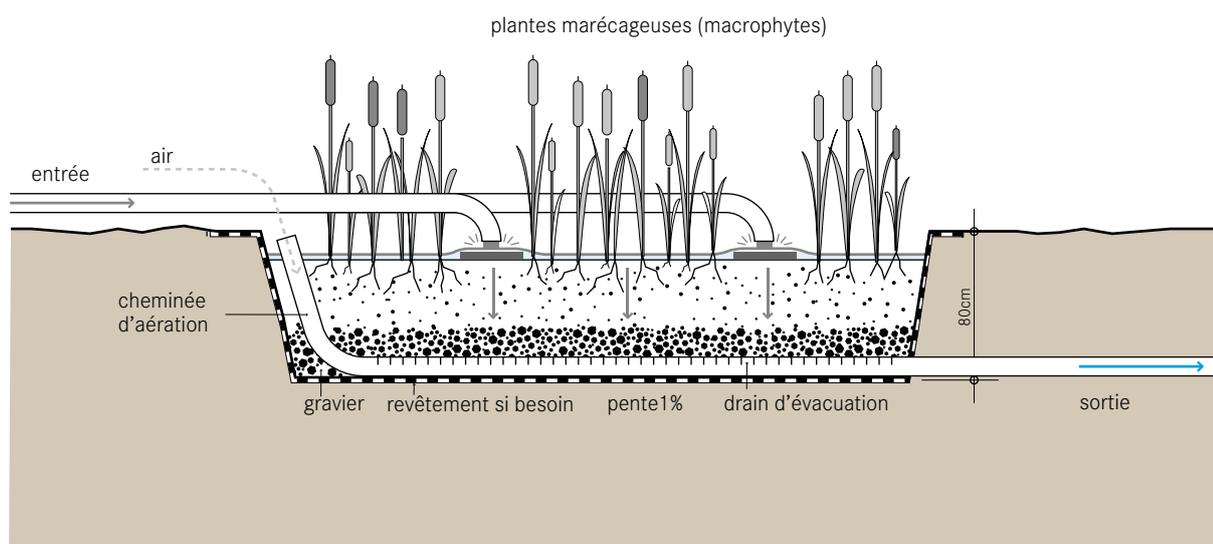
Avantages et inconvénients

- + Réduction élevée de la DBO, des matières solides en suspension et des nutriments
- + Peut permettre une certaine dénitrification (si nitrification préalable par le traitement primaire)
- + N'implique pas les problèmes de moustiques d'un marais artificiel à écoulement surfacique
- + Pas d'électricité requise
- + Faible coût d'exploitation
- + Faible dénivellation requise
- Exige une certaine superficie de terrain
- Risque de colmatage, selon la conception et l'entretien du traitement primaire
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Supporte difficilement les variations de charge hydrauliques ou organiques
- Abattement modéré des agents pathogènes

Références et lectures supplémentaires

- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US. pp. 599-609. (Chapitre complet, comprenant des solutions aux problèmes)
- Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M. and von Münch, E. (2011). *Technology Review of Constructed Wetlands. Subsurface Flow Constructed Wetlands for Greywater and Domestic Wastewater Treatment*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
- Kadlec, R. H. and Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands*, 2nd Ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, US.
- UN-HABITAT (2008). *Constructed Wetlands Manual*. UN-HABITAT Water for Asian Cities Programme. Kathmandu, NP.
- U.S. EPA (2000). *Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*. EPA/625/R-99/010. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US.
- Groupe Macrophytes (2005). *Épuration des Eaux Usées Domestiques par Filtres Plantés de Macrophytes. Recommandations Techniques pour la Conception et la Réalisation*. Cemagref - Agence de l'Eau RM&C
Disponible à : <http://epnac.irstea.fr/wp-content/uploads/2012/08/Guide-Macrophytes.pdf>
- ÖNORM B 2505 (2005). *Wastewater treatment plants - Subsurface flow constructed wetland - Application, dimensioning, installation and operation*. ICS 13.060.30. (Norme autrichienne)

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<ul style="list-style-type: none"> ★ Ménages ★★ Voisinage ★★ Ville 	<ul style="list-style-type: none"> ★ Ménages ★ Partagé ★★ Public 	<ul style="list-style-type: none"> Effluents Eaux noires Eaux brunes Eaux grises
		Produits sortants :
		<ul style="list-style-type: none"> Effluents Biomasse



Un filtre planté vertical est un lit filtrant planté de végétaux marécageux (macrophytes) qui fonctionne de haut en bas. Les eaux usées sont déversées sur la surface par bâchée. L'eau s'écoule verticalement à travers le matériau de filtration jusqu'au fond du bassin, où elle est recueillie dans une conduite d'évacuation. Outre le sens de l'écoulement, le filtre vertical diffère du filtre horizontal par ses capacités à traiter directement des eaux noires, à transformer in situ les matières filtrées en humus, et par son fonctionnement aérobie.

Le matériau filtrant agit comme filtre pour retenir les matières solides, comme support pour la biomasse épuratrice et comme ancrage pour les végétaux plantés. Si les végétaux éliminent un peu des nutriments présents dans les eaux, leur rôle est principalement physique : ils maintiennent une perméabilité suffisante pour que l'eau s'écoule en générant avec leurs racines des voies de passage pour l'air et l'eau dans le massif filtrant.

En alimentant le filtre par intermittence (plusieurs fois par jour), ce qui implique un stockage des eaux usées, les phases d'alimentation et de ressuyage se succèdent. Les eaux sont distribuées uniformément à la surface du filtre par bâchée. Grâce aux cheminées et aux racines des végétaux, l'air circule continuellement dans le massif filtrant pour générer des conditions aérobies.

Des jours d'utilisation doivent être alternés avec des jours de repos pour permettre le ressuyage des matières solides filtrées, et le rééquilibrage du niveau d'oxygène dans le matériau filtrant. Les eaux usées entrantes sont alors orientées vers un autre filtre. On utilise donc généralement 2 à 3 filtres en parallèle pour permettre un usage en continu.

Lorsque le filtre planté est utilisé en traitement primaire (réception d'eaux noires brutes), les matières filtrées s'accumulent à sa surface à un rythme de l'ordre de 1-2 cm/an selon la conception, les charges reçues et le climat. Ces boues bénéficient de l'aération continue et se transforment progressivement en humus.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Le filtre planté vertical doit être conçu de façon différente selon qu'il est utilisé en traitement primaire ou secondaire. En traitement primaire, le matériau filtrant de la couche supérieure est du gravillon propre, de type 2-6 mm, ce qui permet au filtre de ne pas se colmater, tandis qu'en traitement secondaire le matériau filtrant de la couche supérieure est du sable grossier, ce qui permet un traitement de finition poussé. Dans le cas du traitement primaire, les canalisations de distribution de l'effluent sont surélevées d'environ 25 cm pour permettre à l'humus de s'accumuler à la surface du filtre.

En climat tempéré, la taille du filtre est de l'ordre de 1,2 m² par habitant pour l'étage primaire et de moins de 0,8 m² par

habitant pour l'étage secondaire. La surface nécessaire est moindre en climat tropical.

Les plantes marécageuses utilisées doivent avoir des racines profondes qui se développent dans tous les sens et adaptées à un environnement humide, légèrement salin et riche en nutriments (par exemple *Phragmites australis* ou communis, et *Echinochloa pyramidalis*). Grâce à un bon transfert d'air, les filtres plantés verticaux sont efficaces pour nitrifier. La combinaison de deux étages primaire et secondaire permet d'atteindre: (1) une élimination de l'ordre de 95 % pour les matières en suspension et la DBO, (2) une élimination de 80 % de l'azote réduit et (3) une humification des boues et leur stockage sur le filtre pendant 10 à 20 ans.

Adéquation Le filtre planté vertical offre un traitement robuste, stable et poussé, résistant aux surcharges organiques ponctuelles et aux surcharges hydrauliques régulières liées aux eaux pluviales. Il est plus adapté à des terrains bénéficiant d'une dénivellée naturelle (2-5 m selon les modes de conception) afin de permettre une alimentation gravitaire. Dans le cas contraire, la bâchée devra être réalisée par une pompe. Dans tous les cas, un personnel régulièrement sur place est requis pour effectuer l'entretien.

Le filtre planté vertical est une bonne solution dans des zones où l'espace est peu coûteux et disponible. Il est bien adapté à tous types de climat.

Aspects sanitaires/acceptation Une élimination des agents pathogènes est possible grâce à un processus de dégradation naturelle, à la prédation biologique et à la filtration, mais elle reste limitée. Le risque de développement de moustiques est faible puisqu'il n'y a pas d'eau libre stagnante. Lorsqu'il est utilisé en traitement primaire, le filtre planté vertical génère un humus qui peut être utilisé dans les champs voisins. Le système est généralement esthétique et il est possible de l'intégrer dans des zones naturelles ou dans des espaces verts. Il faut veiller à ce que personne n'entre en contact avec les effluents.

Exploitation Au cours de la première saison de croissance des végétaux, il est important d'arracher les mauvaises herbes, qui pourraient rivaliser avec la végétation plantée. Les conduites d'alimentation doivent être vérifiées une fois par an pour éliminer les boues et le biofilm qui pourraient s'y déposer. Avec le temps, l'accumulation du film bactérien dans le matériau filtrant pourrait colmater le filtre. La mise en repos des filtres à intervalle régulier est impérative. L'entretien doit également assurer que les

abords restent propres, pour éviter le développement d'une végétation qui pourrait endommager la structure du filtre et abriter un développement animal (rongeurs notamment).

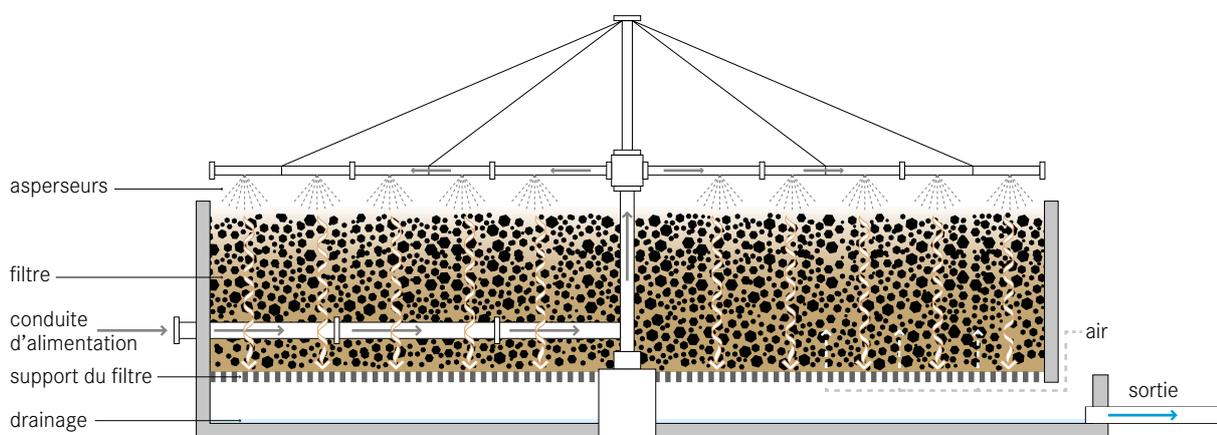
Avantages et inconvénients

- + Combine le traitement des eaux noires, le stockage des boues et le traitement des boues en une même installation
- + Traitement élevé de la DBO, des matières solides en suspension et de l'azote
- + Transformation des boues en humus qui peut être utilisé dans les champs
- + N'implique pas les problèmes de moustiques d'un marais artificiel à écoulement surfacique
- + Faible coût d'exploitation
- Requiert une conception et une construction spécialisées, particulièrement pour le système d'alimentation par bâchée
- Nécessite un entretien simple mais fréquent (au moins chaque semaine) pour manipuler les vannes et nettoyer la chasse
- Abattement faible des agents pathogènes
- Une surface certaine est requise
- Nécessite une dénivellée naturelle du terrain ou une alimentation électrique constante

Références et lectures supplémentaires

- Brix, H. and Arias, C. A. (2005). *The Use of Vertical Flow Constructed Wetlands for on-Site Treatment of Domestic Wastewater: New Danish Guidelines*. Ecological Engineering 25 (5): 491-500.
- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US. pp. 599-609. (Chapitre complet, comprenant des solutions aux problèmes)
- Kadlec, R. H. and Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands*, 2nd ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, US.
- UN-HABITAT (2008). *Constructed Wetlands Manual*. UN-HABITAT Water for Asian Cities Programme. Kathmandu, NP.
- U.S. EPA (2000). *Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*. EPA/625/R-99/010. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US.
- Groupe Macrophytes (2005). *Épuration des Eaux Usées Domestiques par Filtres Plantés de Macrophytes. Recommandations Techniques pour la Conception et la Réalisation*. Cemagref - Agence de l'Eau RM&C. Disponible à : <http://epnac.irstea.fr/wp-content/uploads/2012/08/Guide-Macrophytes.pdf>

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input checked="" type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> Ménages <input type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Eaux noires <input checked="" type="checkbox"/> Eaux brunes <input type="checkbox"/> Eaux grises
		Produits sortants :
		<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Boues



Un lit bactérien est un réacteur biologique à culture fixée qui fonctionne dans des conditions principalement aérobies. Les eaux usées préalablement décantées sont continuellement répandues par aspersion sur le filtre. Lorsque l'eau traverse les pores du filtre, le biofilm qui recouvre le matériau filtrant dégrade les matières organiques.

Le lit bactérien est rempli d'un matériau à surface spécifique élevée, comme des pierres, du gravier, des bouteilles en PVC déchetées, ou un élément filtrant spécial en plastique moulé. Une surface spécifique élevée fournit une grande surface pour la formation du biofilm. Les organismes qui se développent dans ce fin biofilm à la surface du matériau filtrant oxydent la charge organique contenue dans les eaux usées pour générer du dioxyde de carbone et de l'eau, tout en générant de la nouvelle biomasse.

Les eaux usées prétraitées qui entrent sont répandues par aspersion sur le massif filtrant, par exemple à l'aide d'un arroseur rotatif. Ainsi, l'élément filtrant est soumis à des cycles d'alimentation en eau et d'exposition à l'air. Toutefois, le niveau d'oxygène dans la biomasse s'appauvrit et les couches profondes peuvent être anaérobies.

Éléments à prendre en compte pour la conception Le filtre fait généralement 1 à 2,5 m de profondeur, mais les filtres garnis de plastique plus léger peuvent atteindre jusqu'à 12 m de profondeur.

Un matériau filtrant idéal est peu coûteux et durable, son rapport surface spécifique /volume est élevé, et il est léger et permet à l'air de circuler. Sous réserve de leur disponibilité, des roches broyées ou du gravier constituent la solution la moins chère. Les particules doivent être uniformes et 95 % d'entre elles doivent avoir un diamètre de 7 à 10 cm. On utilise généralement un matériau d'une surface spécifique de 45 à 60 m²/m³ pour des roches et de 90 à 150 m²/m³ pour une garniture plastique. Les pores plus larges (comme c'est le cas avec une garniture plastique) sont moins vulnérables aux colmatages et offrent une bonne circulation de l'air. Un traitement primaire est également essentiel pour empêcher les colmatages et assurer un traitement efficace.

Il est important que le flux d'air soit adapté pour assurer des performances de traitement efficaces et empêcher les odeurs. Des drains doivent fournir une voie de passage pour l'air au taux de remplissage maximal. Une dalle perforée soutient la base du filtre, permettant ainsi de recueillir les effluents et les boues en excès. Le lit bactérien est généralement conçu avec une configuration de recirculation pour que les effluents améliorent l'aspersion et la percolation dans le matériau filtrant.

Avec le temps, la biomasse s'épaissit et la couche fixée est privée d'oxygène ; elle passe à un état endogène, perd sa capacité à rester fixée et se détache.

Des conditions de charge à taux élevé entraînent également le détachement de la biomasse. Les effluents recueillis doivent être clarifiés dans un bassin de décantation pour séparer et enlever cette biomasse éventuellement détachée du filtre. On détermine le taux de charge hydraulique et de nutriments (c'est-à-dire la quantité d'eaux usées qu'il est possible d'appliquer sur le filtre) en fonction des caractéristiques des eaux usées, du type de matériau filtrant, de la température ambiante et des exigences de rejet.

Adéquation Cette technologie ne peut être utilisée qu'après une décantation primaire puisque la charge élevée de matières solides colmaterait le filtre. Il est possible de concevoir un système d'aspersion à faible énergie (par gravité), mais une alimentation continue en électricité et en eaux usées est généralement nécessaire. Par rapport aux autres technologies (par exemple, les bassins de lagunage, T.5), les lits bactériens sont compacts, bien qu'ils soient mieux adaptés dans des zones périurbaines ou dans de grands regroupements ruraux.

Il est possible de construire des lits bactériens dans la plupart des environnements, mais des adaptations spéciales sont nécessaires dans les climats froids.

Aspects sanitaires/acceptation Les problèmes d'odeurs et de mouches nécessitent de construire le lit à l'écart des habitations et des entreprises. Des mesures appropriées doivent être prises pour un prétraitement et un traitement primaire, l'évacuation des effluents et le traitement des matières solides, qui tous peuvent encore poser des risques sanitaires.

Exploitation Un opérateur expérimenté doit surveiller le lit et réparer la pompe en cas de problème. Les boues qui s'accumulent dans le filtre nécessitent un lavage régulier pour éviter les colmatages et pour préserver la finesse et la nature aérobie du biofilm. Il est possible d'utiliser des taux de charge hydraulique élevés (chasses) pour rincer le lit. Il faut déterminer l'optimum des réglages d'alimentation et de fréquence de lavage selon le fonctionnement sur le terrain.

La garniture doit être maintenue humide. Ceci peut poser un problème la nuit lorsque l'écoulement en eau est réduit ou en cas de panne de courant.

Les escargots qui viennent manger le biofilm et les mouches du lit sont des problèmes connus associés aux lits bactériens et il faut les traiter par un lavage à contre-courant et par un lavage régulier.

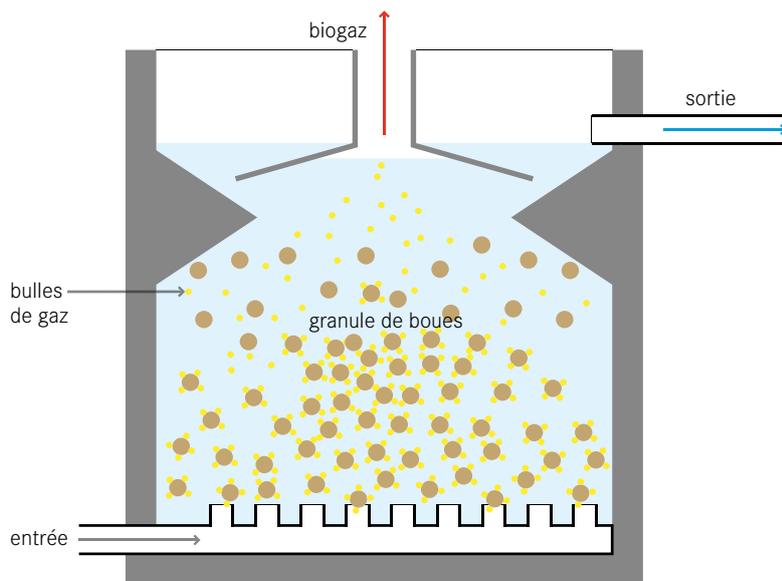
Avantages et inconvénients

- + Possibilité de fonctionnement à une variété de taux de charge organique et hydraulique
- + Nitrification efficace (oxydation de l'ammonium)
- + Nécessite une surface de terrain plus petite que pour les filtres plantés
- Coût d'investissement élevé
- Requiert une conception et une construction spécialisées, particulièrement le système d'aspersion
- Exige que du personnel compétent assure l'exploitation
- Exige une source d'électricité constante et un écoulement permanent des eaux usées
- Les mouches et les odeurs sont souvent problématiques
- Risque de colmatage, selon le prétraitement et le traitement primaire
- Toutes les pièces et tous les matériaux peuvent ne pas être disponibles localement

Références et lectures supplémentaires

- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US. pp. 890-930. (Description détaillée et exemples de calculs)
- Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.
- U.S. EPA (2000). *Wastewater Technology Fact Sheet. Trickling Filters*. 832-F-00-014. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US. Disponible à : www.epa.gov (Synthèse de conception, y compris des conseils de résolution des problèmes)

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input checked="" type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> Ménages <input type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	<input checked="" type="checkbox"/> Eaux noires <input checked="" type="checkbox"/> Eaux brunes (+ <input type="checkbox"/> Eaux grises)
		Produits sortants :
		<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Boues <input checked="" type="checkbox"/> Biogaz



La biofiltration sur boues anaérobies est un processus à ouvrage unique. Les eaux usées pénètrent dans le réacteur par sa base et s'écoulent vers le haut. Un lit de boues en suspension filtre et traite les eaux usées lorsqu'elles le traversent.

Le lit de boues comprend des granulés microbiens (de 1 à 3 mm de diamètre), c'est-à-dire de petits agglomérats de microorganismes qui, en raison de leur poids, résistent au flux ascendant. Les microorganismes de couche de boues dégradent les composés organiques. Par conséquent, des gaz (méthane et dioxyde de carbone) sont libérés. La remontée des bulles mélange les boues sans qu'il y ait besoin de dispositifs mécaniques. Des parois inclinées repoussent vers le bas le matériau qui atteindrait le haut de l'ouvrage. Les effluents clairs sont extraits depuis le sommet de l'ouvrage, dans une zone située au-dessus des parois inclinées.

Au bout de quelques semaines d'utilisation, de plus gros granulés de boues se forment et agissent alors comme filtre pour les particules plus petites qui sont poussées à travers la couche de boues. En raison du régime à flux ascendant, les organismes formant des granulés tendent à s'accumuler alors que les autres sont évacués.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Parmi les éléments essentiels à la conception de biofiltres

réacteurs anaérobies à lit de boues à flux ascendant figurent le système de distribution des effluents, le séparateur gaz/solides et la conception d'évacuation des effluents. Un dôme à gaz recueille le gaz qui remonte vers le sommet et ce gaz peut servir de source d'énergie (biogaz). Il faut conserver une vitesse de flux ascendant de 0,7 à 1 m/h pour maintenir le lit de boues en suspension. Une décantation principale n'est généralement pas requise devant la biofiltration sur boues anaérobies.

Adéquation Un biofiltre sur boues anaérobies n'est pas adapté dans des communautés de petite taille ou rurales s'il n'y a pas une alimentation constante en eau ou en électricité. La technologie est relativement simple à concevoir et à construire, mais le développement des granulés de boues peut nécessiter plusieurs mois. Le biofiltre sur boues anaérobies offre la possibilité de produire des effluents d'une qualité supérieure à ceux des fosses septiques (S.9) et ce dans un volume de réacteur plus faible. Bien qu'il s'agisse d'un processus bien établi pour le traitement d'eaux usées industrielles en grande quantité et pour charges admises élevées atteignant jusqu'à 10 kg de DBO/m³/j, son application aux eaux usées domestiques est encore relativement nouvelle. On l'utilise souvent pour les brasseries, les distilleries, les industries de transformation des aliments, des déchets de pulpe et de

papier, puisque le processus élimine généralement 80 à 90 % de la DCO.

Lorsque la charge des effluents est faible ou s'ils contiennent trop de matières solides, de protéines ou de graisses, le réacteur risque de ne pas fonctionner correctement. La température est également un facteur clé qui influence la performance.

Aspects sanitaires/acceptation Les opérateurs doivent prendre des mesures sanitaires et de sécurité appropriées lorsqu'ils travaillent dans la station, comme des vêtements de protection adaptés. Les effluents et les boues posent encore un risque sanitaire et il ne faut pas les manipuler directement.

Exploitation Le biofiltre sur boues anaérobies est une technologie de traitement centralisée dont l'exploitation et l'entretien doivent être assurés par des professionnels uniquement. Un opérateur compétent doit surveiller le réacteur et réparer les pièces, par exemple les pompes, en cas de problème. Le soutirage des boues n'est pas fréquent et seuls les excès de boues sont éliminés tous les 2 à 3 ans.

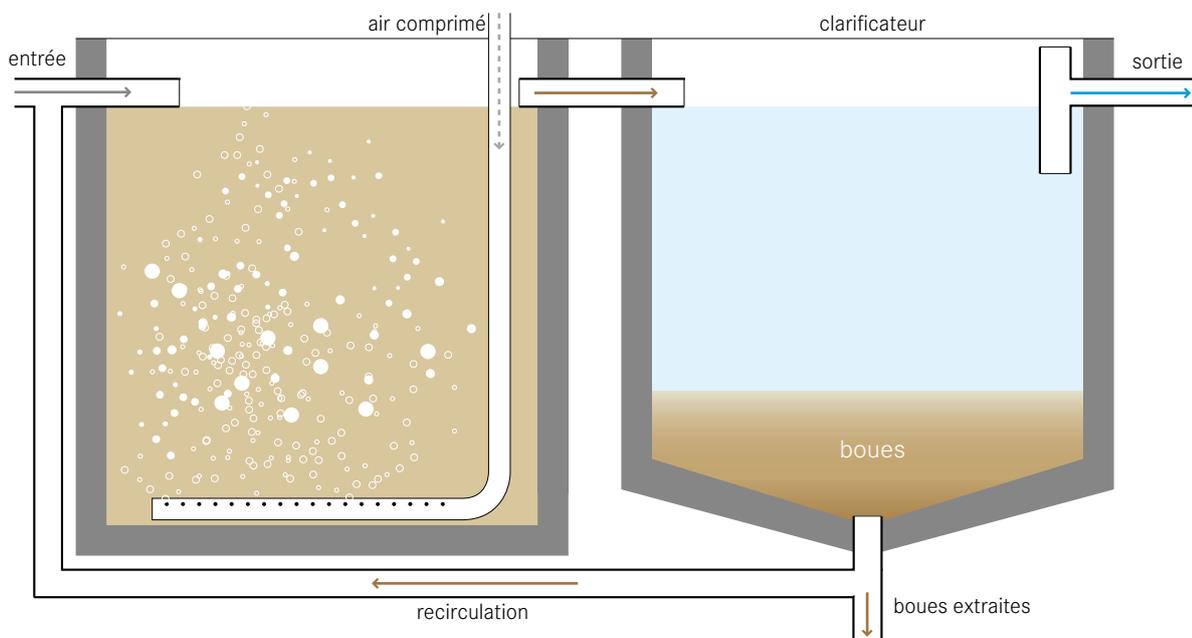
Avantages et inconvénients

- + Réduction significative de la DBO
- + Capable de prendre en charge des taux élevés de charge organique et hydraulique
- + Faible production de boues (et donc un soutirage des boues n'est pas souvent requis)
- + Les biogaz peuvent servir de source d'énergie (mais un nettoyage préalable est généralement requis)
- Le traitement peut être instable, avec des charges hydrauliques et organiques variables
- L'exploitation et l'entretien doivent être réalisés par du personnel compétent ; difficile de maintenir des conditions hydrauliques appropriées (le rapport entre les flux ascendants et la décantation doit être équilibré)
- Long délai de démarrage
- Une alimentation électrique constante est requise
- Toutes les pièces et tous les matériaux peuvent de ne pas être disponibles à l'échelle locale
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Les effluents et les boues nécessitent un traitement complémentaire et/ou une évacuation appropriée

Références et lectures supplémentaires

- _ Lettinga, G., Roersma, R. and Grin, P. (1983). *Anaerobic Treatment of Raw Domestic Sewage at Ambient Temperatures Using a Granular Bed UASB Reactor*. *Biotechnology and Bioengineering* 25 (7): 1701-1723.
(Le premier document à décrire le processus)
- _ von Sperling, M. and de Lemos Chernicharo, C. A. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions, Volume One*. IWA Publishing, London, UK. pp. 741-804.
Disponible à : www.iwawaterwiki.org
(Informations de conception détaillées)
- _ Tare, V. and Nema, A. (n.d.). *UASB Technology – Expectations and Reality*. United Nations Asian and Pacific Centre for Agricultural Engineering and Machinery, Beijing, CN.
Disponible à : www.unapcaem.org
(Évaluation des installations de réacteurs anaérobies à lit de boues à flux ascendant en Inde)
- _ Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US. pp. 1005-1016.
(Description et informations de conception détaillées)
- _ Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.
(Bref aperçu)
- _ Vigneswaran, S., Balasuriya, B. L. N. and Viraraghavan, T. (1986). *Environmental Sanitation Reviews. Anaerobic Wastewater Treatment – Attached Growth and Sludge Blanket Process*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, TH.
(Bon aperçu technique – Chapitre 5)

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input checked="" type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> Ménages <input type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Eaux noires <input checked="" type="checkbox"/> Eaux brunes <input type="checkbox"/> Eaux grises
		Produits sortants :
		<input checked="" type="checkbox"/> Effluents <input checked="" type="checkbox"/> Boues



Un procédé à boues activées désigne un réacteur multi-chambre qui utilise des microorganismes hautement concentrés pour dégrader des matières organiques et éliminer les nutriments des eaux usées afin de produire des effluents de qualité élevée. Pour maintenir des conditions aérobies et les boues activées en suspension, une alimentation continue et séquentielle d'oxygène est nécessaire.

Il est possible d'utiliser différentes configurations du procédé à boues activées pour permettre le mélange et l'aération des eaux usées dans un bassin d'aération. L'aération et le mélange peuvent être assurés par insufflation d'air ou d'oxygène dans l'ouvrage ou à l'aide d'aérateurs de surface. Les microorganismes oxydent le carbone organique dans les eaux usées pour produire de nouvelles cellules, du dioxyde de carbone et de l'eau. Bien que les bactéries aérobies soient les principaux organismes, des bactéries facultatives ainsi que des organismes d'un niveau supérieur peuvent être présents. La composition exacte dépend de la conception du réacteur, de l'environnement et des caractéristiques des eaux usées.

Les floccs (agglomérats de particules de boues), qui se forment dans le bassin aéré, peuvent être retirés de l'effluent au niveau du clarificateur secondaire, via une

décantation par gravité. Une partie de ces boues est cependant recyclée du clarificateur vers le réacteur. Au besoin, il est possible d'évacuer les effluents ou de les traiter dans une installation de traitement tertiaire pour une utilisation ultérieure.

Éléments à prendre en compte pour la conception Les procédés à boues activées font partie d'un système de traitement complexe. Elles sont généralement utilisées après un traitement primaire (qui retient les matières solides décantables) et elles sont parfois suivies d'une étape finale de polissage (consulter la section POST, p.136). Les processus biologiques qui se produisent sont efficaces pour éliminer les matériaux solubles, colloïdaux et particulaires. Le réacteur peut être conçu pour une nitrification et une dénitrification biologiques, ainsi que pour une déphosphatation biologique.

La conception doit s'appuyer sur une estimation précise de la composition et du volume des eaux usées. L'efficacité du traitement peut être gravement compromise si la taille de la station est insuffisante ou excessive. Selon la température, le temps de rétention des matières solides dans le réacteur varie de 3 à 5 jours pour l'élimination de la DBO et de 3 à 18 jours pour la nitrification.

Les boues soutirées nécessitent un traitement pour en réduire la teneur en eau et la teneur organique afin d'ob-

tenir un produit stabilisé qui sera adapté pour une valorisation ou une mise en décharge. Il est important de tenir compte de cette étape lors de la phase de planification de la station de traitement.

Pour atteindre des objectifs de traitement spécifiques en matière de DBO, d'Azote et de Phosphore, différentes adaptations et modifications ont été apportées à la conception de base des boues activées. Parmi les modifications bien connues figurent les réacteurs séquentiels (SBR), les tranchées d'oxydation, l'aération prolongée, les lits mobiles et les bioréacteurs à membrane.

Adéquation Un procédé à boues activées ne convient que dans une installation de traitement centralisé dotée de personnel bien formé, avec une alimentation électrique constante et un système de management bien développé pour s'assurer de l'exploitation correcte de l'installation. Grâce aux économies d'échelle et aux fluctuations de charges moindres, cette technologie est plutôt utilisée pour le traitement de gros volumes d'eaux usées.

Un procédé à boues activées convient dans pratiquement tous les types de climats. Toutefois, la capacité de traitement est réduite dans des environnements plus froids.

Aspects sanitaires/acceptation En raison des besoins en espace et des odeurs, les installations de traitement centralisé sont généralement positionnées en périphérie des zones densément peuplées. Malgré la qualité élevée des effluents produits, ceux-ci posent encore un risque sanitaire et il ne faut pas les manipuler directement. Dans les boues soutirées, les agents pathogènes sont considérablement réduits, sans toutefois être éliminés.

Exploitation Il faut du personnel hautement qualifié pour assurer l'entretien et les dépannages. Les équipements mécaniques (agitateurs, aérateurs et pompes) doivent être constamment entretenus. De même, les effluents doivent être constamment surveillés et les paramètres de réglage doivent être ajustés, selon les besoins, afin d'éviter des anomalies qui pourraient tuer la biomasse active et le développement d'organismes nuisibles qui pourraient entraver le processus (par exemple, des bactéries filamenteuses).

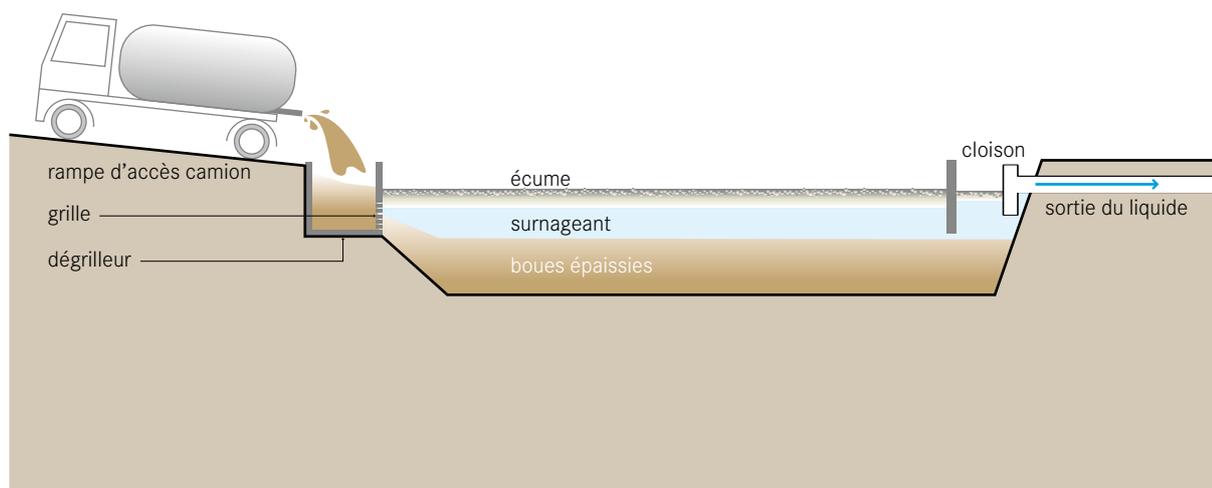
Avantages et inconvénients

- + Résiste aux surcharges de matières organiques et hydrauliques
- + Possibilité de fonctionnement à des taux de charge organique et hydraulique variés
- + Réduction significative de la DBO et des agents pathogènes (jusqu'à 99 %)
- Une élimination significative des nutriments est possible
- + Modifications possibles pour respecter des exigences de rejet spécifiques
- Consommation d'énergie élevée ; une alimentation électrique constante est requise
- Coûts d'investissement et d'exploitation élevés
- Exige que du personnel compétent assure l'exploitation et l'entretien
- Vulnérable à des problèmes chimiques et microbiologiques complexes
- Toutes les pièces et tous les matériaux peuvent ne pas être disponibles localement
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Les boues et éventuellement les effluents nécessitent un traitement complémentaire et/ou une évacuation appropriée

Références et lectures supplémentaires

- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US. pp. 451-504.
(Récapitulatif complet, y compris des solutions aux problèmes)
- Ludwig, H. F. and Mohit, K. (2000). *Appropriate Technology for Municipal Sewerage/Excreta Management in Developing Countries, Thailand Case Study*. The Environmentalist 20 (3): 215-219.
(Évaluation de l'adéquation des boues activées pour la Thaïlande)
- von Sperling, M. and de Lemos Chernicharo, C. A. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions, Volume Two*. IWA Publishing, London, UK.
Disponible à : www.iwawaterwiki.org
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US.
(Informations de conception détaillées)

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Boues
 Ménages	 Ménages	Produits sortants :  Boues  Effluents
 Voisinage	 Partagé	
 Ville	 Public	



Les bassins de sédimentation et épauissement sont des bassins de décantation qui permettent aux boues de se stabiliser et de s'épaissir en vue d'un traitement ultérieur. L'effluent (surnageant) est évacué et également traité ultérieurement.

Comme les boues de vidange sont des produits aux caractéristiques variables, le bassin de sédimentation/épauissement peut aider à les homogénéiser, à les compacter et à les stabiliser. Les boues qui sont encore riches en matières organiques (boues de latrines ou de toilettes publiques qui ne seraient pas assez grandes pour stocker suffisamment les excréments) sont difficiles à déshydrater car elles retiennent les eaux dans leur matrice organique, et doivent préférentiellement d'abord être stabilisées. Ceci est possible grâce à une dégradation anaérobie des boues dans des bassins de sédimentation/épauissement.

On peut aussi utiliser le même type d'ouvrage pour épauissir des boues qui sont déjà stabilisées (par exemple, des boues provenant de fosses septiques (S.9)), bien que leur dégradation soit déjà avancée, s'il est intéressant de les concentrer avant traitement ultérieur.

Le processus de dégradation est susceptible d'entraver la décantation des boues, car les gaz produits par les boues déjà décantées forment des bulles qui remontent et entraînent les particules solides. Aussi, les rendements de cette technologie ne sont pas élevés.

Lors de la décantation et de la digestion des boues, le surnageant doit être évacué et traité. Les boues épaissies doivent être extraites pour être traitées ultérieurement par séchage (T.14 ou T.15) ou co-compostage (T.16).

Éléments à prendre en compte pour la conception

Comme les opérations de soutirage et de nettoyage des bassins sont de longue durée, deux bassins fonctionnant en parallèle sont nécessaires pour assurer un service continu, c'est à dire en exploitant l'un pendant que l'autre continue de stabiliser, puis soit curé et nettoyé.

L'épauissement maximal est obtenu pour des périodes d'alimentation et de repos de l'ordre de 4 à 5 semaines, pour atteindre un taux de matière sèche de l'ordre de 14 % (selon les caractéristiques initiales des boues). Au-delà, la qualité du surnageant est susceptible de décroître et les boues de ne plus s'épaissir. Il est aussi possible de procéder à une alternance plus courte, par exemple d'une semaine, pour obtenir des boues moins épaissies mais plus facilement évacuables par pompage.

Le volume d'un bassin comprend à sa base une zone d'épauissement et d'accumulation, où la compaction naturelle a lieu. Elle doit être évaluée à partir de la quantité de matière solide à recevoir pendant la durée d'alimentation et la concentration finale voulue. La hauteur de zone de surnageant est typiquement de 1 m. Sa surface dépend de l'aptitude des

boues à décanter, ce qui peut utilement faire l'objet d'un test au préalable. Comme pour les technologies de décantation (T.1, T.2), la surface de décantation et la conception des cloisons d'entrée et de sortie sont importantes pour stabiliser le flux hydraulique et optimiser la décantation. La zone réservée à l'écume dépend du temps de stockage, et est typiquement de l'ordre de 0,5 m. Il est important que les zones soient bien évaluées pour éviter d'évacuer des boues avec le surnageant. Les bassins peuvent être construits en béton (s'ils sont petits, faible période d'alternance) ou en excavation (s'ils sont plus grands, grande période d'alternance). Un accès pour l'entretien est nécessaire, selon le type de soutirage prévu (par pelleuse engins, par pompage intégré ou pompage extérieur) et pour le nettoyage.

Adéquation Les bassins peuvent être utiles lorsqu'on cherche à contrôler la stabilité des boues (cas de boues susceptibles d'être fraîches), et/ou à les épaissir. Il est intéressant d'épaissir les boues lorsqu'elles sont difficiles à sécher en l'état, par exemple parce qu'elles sont très peu concentrées, ou/et parce que le climat se prête difficilement au séchage à l'air libre (longue saison des pluies par exemple). Comme le surnageant a besoin d'un traitement supplémentaire significatif, cette technologie peut trouver un sens lorsqu'une station de traitement des eaux usées suffisamment dimensionnée se trouve à proximité et est capable de traiter ces eaux.

Les bassins de sédimentation/épaississement sont plus appropriés lorsqu'un espace peu coûteux éloigné des habitations et des entreprises est disponible ; ils doivent être établis en périphérie de la communauté. Les boues épaissies sont encore pathogènes, bien qu'elles soient plus simples à manipuler. Du personnel formé à l'exploitation et à sa planification est requis pour assurer un fonctionnement approprié.

Aspects sanitaires/acceptation Comme les boues entrantes et les boues épaissies sont pathogènes, les ouvriers doivent être équipés de protections appropriées (bottes, gants et vêtements). Les boues épaissies nécessitent un traitement complémentaire (par exemple un processus de séchage) avant leur valorisation ou mise en décharge. Les eaux décantées ne le sont que partiellement et ont également besoin d'un traitement supplémentaire avant rejet au milieu naturel ou valorisation.

Les bassins peuvent incommoder les résidents à proximité du fait des mauvaises odeurs et de la présence de mouches. Ainsi, il faut positionner les bassins suffisamment loin des zones résidentielles.

Exploitation L'exploitation est un aspect capital pour assurer l'efficacité des bassins. Il consiste principalement à soutirer les boues épaissies des bassins. Cela peut être réalisé par pompage si les boues sont encore suffisamment liquides, ou par des engins de terrassement type pelle mécanique ou chargeur. La planification organisationnelle et financière de cette opération régulière est essentielle. La zone doit être entretenue et maintenue propre pour réduire le risque de transmission de maladies et des désagréments olfactifs. Les déchets de dégrillage qui sont déversés avec les boues doivent être retirés du dégrilleur au niveau de l'entrée des bassins.

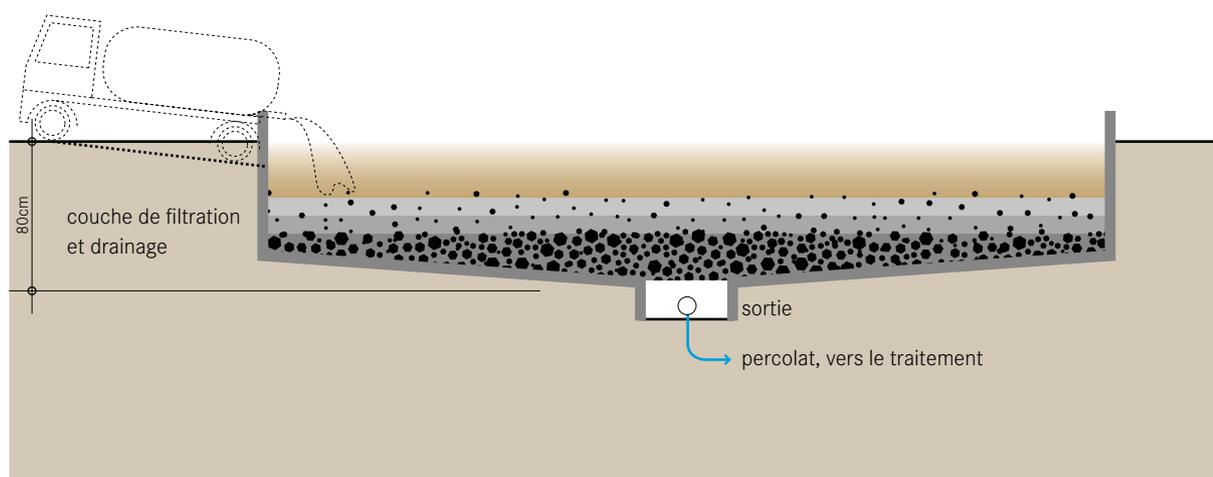
Avantages et inconvénients

- + Les boues épaissies sont plus faciles à traiter ultérieurement (notamment par séchage)
- + Peuvent être construits et réparés avec des matériaux locaux
- + Coûts d'investissement relativement faibles
- + Pas d'électricité requise en cas d'absence de pompe
- Coût, moyens mécaniques et savoir-faire important pour l'exploitation, y compris pour sa planification
- Exigent une certaine superficie de terrain
- Les mouches et les odeurs sont normalement perceptibles
- Requièrent une conception et une construction spécialisées
- Peu efficace en termes d'épuration, les effluents comme les boues nécessitent un traitement complémentaire

Références et lectures supplémentaires

- Heiness, U., Larmie, S. A. and Strauss, M. (1998). *Solids Separation and Pond Systems for the Treatment of Faecal Sludges in the Tropics – Lessons Learnt and Recommendations for Preliminary Design*. 2nd Ed. Report 05/98. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH. Disponible à : www.sandec.ch
- Heiness, U., Larmie, S. A. and Strauss, M. (1999). *Characteristics of Faecal Sludges and Their Solids-Liquid Separation*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH. Disponible à : www.sandec.ch
- Montangero, A. and Strauss, M. (2002). *Faecal Sludge Treatment*. Lecture Notes, UNESCO-IHE, Delft, NL. Disponible à : www.sandec.ch
- Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation*. IWA Publishing, London, UK. Disponible à : www.sandec.ch/fsm_book (Ouvrage détaillé compilant l'état actuel des connaissances sur tous les aspects liés à la gestion des boues de vidange)

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Boues
 Ménages	 Ménages	Produits sortants :  Boues  Effluents
 Voisinage	 Partagé	
 Ville	 Public	



Un lit de séchage non planté est une surface sur laquelle les boues s'assèchent en combinant filtration/drainage et évaporation. 50 à 80 % du volume initial des boues déversées est drainé, le reste pouvant être évaporé pour atteindre une consistance de galette solide. Une fois séchées, les galettes de boues sont ramassées et évacuées, puis le lit peut recevoir à nouveau des boues liquides. Les galettes ne sont pas complètement désinfectées en sortant du lit, mais un stockage supplémentaire permet d'atteindre facilement une hygiénisation significative.

Le filtre consiste de couches de gravier et de sable, pas trop épaisses car l'épuration du percolat n'est pas recherchée dans le matériau filtrant. Le fond d'un lit de séchage est équipé de canalisations perforées pour collecter et drainer le liquide. La teneur finale en humidité des galettes au bout de quelques semaines devrait être de l'ordre de 60 %, selon les conditions météorologiques et les caractéristiques initiales des boues. Quand les boues sont séchées, il faut les retirer de la couche de sable et les transporter en vue d'un traitement complémentaire, de leur valorisation ou de leur mise en décharge. Le percolat recueilli dans les conduites de drainage peut également être traité de manière appropriée, selon son impact sur le milieu local et les besoins locaux.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Les conduites de drainage sont recouvertes par une succession de couches de granulométrie décroissantes (au moins 3). Pour drainer, la couche inférieure doit contenir du gravier grossier, alors que pour filtrer, la couche supérieure doit être constituée de sable. Les couches intermédiaires servent à maintenir l'ensemble en évitant la migration du sable dans la zone de drainage. La couche supérieure de sable est typiquement de 200 à 300 mm d'épaisseur. Une partie de ce sable se collera aux boues et sera évacué avec elles à chaque curage.

Pour permettre un fonctionnement en continu du traitement, plusieurs lits en parallèle sont nécessaires. En effet, pendant toute la durée du séchage des boues sur un lit, le lit ne peut plus recevoir d'autres boues. Le nombre de lits nécessaires est donc en lien avec la fréquence d'arrivée des boues et le nombre de jours de séchage nécessaires, auxquels il est utile d'ajouter quelques jours pour le curage. L'entrée d'un lit doit être équipée d'une petite dalle au droit du déversement pour éviter l'érosion de la couche de sable et faciliter la répartition des boues sur le lit.

La surface d'un lit dépend essentiellement de la capacité de la boue locale à sécher ainsi que du climat, ce qui se traduit par une charge surfacique admissible de l'ordre de 50 kg MS/m²/an en climat tempéré et de 100 à 200 kg MS/m²/an en climat tropical. L'usage est souvent de concevoir la surface du lit de manière à ce qu'il reçoive une couche de boue de l'ordre de 30 cm d'épaisseur.

La conception de lits de séchage non plantés doit tenir compte de l'exploitation, car il est essentiel d'assurer l'accès des personnes, des camions de vidange amenant les boues et pour l'évacuation des boues séchées. Une zone réservée au stockage des matières séchées est utile pour permettre de sécuriser leur désinfection sur place, et pour permettre une gestion logistique plus simple.

Si elle est installée dans des climats humides, il est préférable de couvrir l'installation d'un toit et prévoir le drainage des eaux de ruissellement autour des lits.

Adéquation Le séchage des boues est une méthode efficace pour réduire leur volume, ce qui est particulièrement important quand il faut les transporter ailleurs en vue d'un traitement complémentaire, d'une valorisation ou d'un stockage en décharge. Un simple stockage ou un traitement complémentaire (par exemple, co-compostage, T.16) des boues sorties du lit de séchage est nécessaire pour éliminer les pathogènes. Il s'agit d'une solution à prix moyen, dont le coût dépend du type de voirie d'accès réalisé. Le lit non planté est particulièrement adapté aux climats tropicaux secs, aux boues stabilisées et plutôt concentrées.

Les lits de séchage non plantés nécessitent de l'espace. Une localisation au plus près de l'activité des opérateurs de vidange est cependant indispensable pour ne pas alourdir le prix de la vidange par le coût de leur transport. La surface nécessaire peut aussi être réduite en épaississant les boues au préalable (se référer à T.13).

Aspects sanitaires/acceptation Comme les boues entrantes et dans une moindre mesure les boues sortantes sont pathogènes, les travailleurs doivent être équipés de protections appropriées (bottes, gants et vêtements). Les boues issues des lits et les percolats ne sont pas désinfectés et peuvent nécessiter un traitement ou un stockage complémentaire selon l'utilisation finale souhaitée.

Le lit de séchage ne génère pas de développement particulier de mouches ni d'insectes car au cours du séchage les boues se couvrent rapidement d'une enveloppe dure impropre à leur développement. Le séchage bloquant les mécanismes de digestion, la production d'odeur n'est pas forte, les odeurs restant liées aux dépotages des camions.

Exploitation Du personnel formé à l'exploitation doit s'assurer du fonctionnement approprié. L'exploitation typique consiste à l'accueil des camions, à l'organisation du dépotage, au curage des lits, et à l'évacuation finale des boues séchées. Celles-ci peuvent être retirées manuelle-

ment avec des pelles et des brouettes. Parce qu'une partie du sable est perdue à chaque retrait de boues, la couche supérieure doit être remplacée lorsqu'elle devient trop fine. Les abords doivent être maintenus propres pour éviter le développement d'animaux non souhaités.

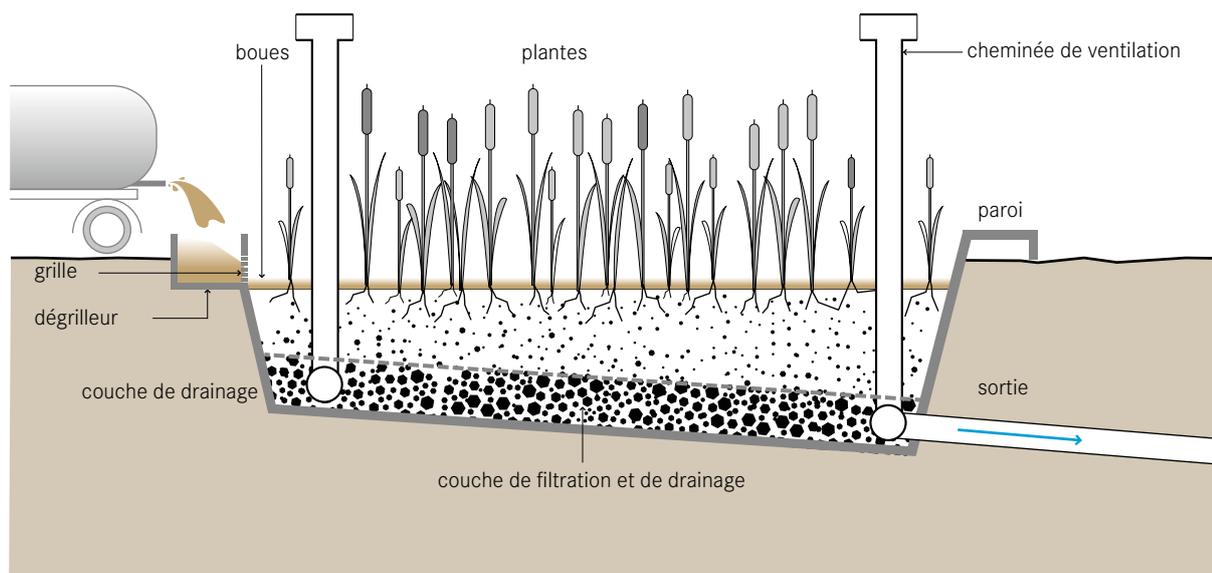
Avantages et inconvénients

- + Bonne efficacité en matière de séchage, particulièrement dans des climats secs et chauds
- + Peuvent être construits et réparés avec des matériaux locaux
- + Coûts d'investissement moyens (selon type de voirie) ; faible coût d'exploitation
- + Fonctionnement simple, requiert peu de technicité
- + Pas d'électricité requise
- Exige une large superficie de terrain
- Les odeurs sont normalement perceptibles lors des déversements dans les lits
- Extraction exigeante en quantité de main d'œuvre
- Requièrent une conception et une construction spécialisées
- Le percolat peut nécessiter un traitement complémentaire

Références et lectures supplémentaires

- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US.
- Heiness, U. and Koottatep, T. (1998). *Use of Reed Beds for Faecal Sludge Dewatering. A Synopsis of Reviewed Literature and Interim Results of Pilot Investigations with Septage Treatment in Bangkok, Thailand*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH and AIT, Bangkok, TH.
(Comparaison avec les lits de séchage plantés)
- Montangero, A. and Strauss, M. (2002). *Faecal Sludge Treatment*. Lecture Notes, Eawag-Sandec, UNESCO-IHE, Delft, NL.
- Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation*. IWA Publishing, London, UK.
Disponible à : www.sandec.ch/fsm_book
(Ouvrage détaillé compilant l'état actuel des connaissances sur tous les aspects liés à la gestion des boues de vidange)
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US.

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Boues
 Ménages	 Ménages	Produits sortants :  Boues  Effluents
 Voisinage	 Partagé	
 Ville	 Public	
		 Biomasse



Un lit de séchage planté est similaire à un lit de séchage non planté (T.14), sauf qu'il offre l'avantage de l'évapotranspiration, du stockage et de la transformation des boues en humus. Par rapport au lit de séchage non planté, le lit planté ne doit pas être curé après chaque cycle d'alimentation/séchage. Il est possible d'appliquer les boues directement sur la couche précédente. Il présente aussi l'avantage de fonctionner en climat plus humide, et l'inconvénient de nécessiter un apport continu de boue pour garder les plantes vivantes.

Cette technologie est utilisée pour déshydrater les boues et les humifier. Les racines des plantes créent un réseau de passage pour l'air et l'eau à travers le matériau filtrant et les boues qui s'accumulent, ce qui permet aux boues de se ressuyer et d'être dans les conditions aérobies leur permettant de s'humifier. La teneur finale en humidité de l'humus au bout de quelques années devrait être de l'ordre de 60 %, selon les conditions météorologiques et les caractéristiques initiales des boues.

Éléments à prendre en compte pour la conception

La structure du lit est similaire à celle d'un filtre planté vertical (T.9). Les lits sont remplis de graviers de granulométrie variable pour supporter les végétaux, filtrer et drainer le percolat. Des cheminées d'aération sont raccordées au système de drainage pour contribuer aux conditions aérobies dans le filtre.

Une conception typique du lit planté est la suivante : (1) 250 mm de gravier grossier (diamètre de grain de 20-40 mm) ; (2) 100 mm de gravier moyen (diamètre de grain de 5-15 mm) ; et (3) 200 mm de gravillon (diamètre de grain de 2-6 mm), recouvert d'une couche de 50 mm de terreau ou de sable grossier. Une revanche de plus d'1 m doit être prévue pour assurer une accumulation sur plusieurs années, un rythme classique d'accumulation en conditions tropicales étant de l'ordre de 20 à 30 cm/an.

Les boues doivent être appliquées tous les 3 à 7 jours, selon leurs caractéristiques et le climat. Des taux de charge admissibles de 100 à 200 kg MS /m²/an ont été expérimentées dans des climats chauds tropicaux. Dans les climats tempérés, des charges admissibles de 50 à 70 kg MS/m²/an sont courantes. Il faut utiliser plusieurs lits en alternance pour assurer la continuité du traitement tout en permettant des périodes de repos. L'installation ne nécessite normalement pas de toiture. Le percolat recueilli dans les conduites de drainage peut nécessiter un traitement supplémentaire selon les besoins et contraintes locaux.

Les plantes utilisées doivent pousser dans des environnements humides et apprécier les charges organiques et salines élevées. Les espèces *Phragmites Australis* (ou Communis) et *Echinochloa Pyramidalis* sont recommandées.

Il est essentiel d'assurer l'accès des personnes, des camions de vidange amenant les boues et le cas échéant des engins pour l'extraction de l'humus.

Adéquation Ce type de traitement est adapté pour des climats chauds et plutôt humides, et permet le traitement de boues peu concentrées. En climat sec, les lits doivent être alimentés régulièrement pour éviter que les végétaux ne flétrissent, auquel cas il faudrait les remplacer.

Les lits de séchage plantés conviennent pour des villes permettant une fourniture constante de boues. Les lits requièrent un certain espace. Une localisation au plus près de l'activité des opérateurs de vidange est cependant indispensable pour ne pas alourdir le prix de la vidange des boues par le coût de leur transport.

Aspects sanitaires/acceptation Comme les boues entrantes et, dans une moindre mesure les boues sortantes sont pathogènes, les travailleurs doivent être équipés de protections appropriées (bottes, gants et vêtements). Le lit de séchage planté ne génère pas de développement particulier de mouches ni d'insectes car il n'y a pas d'eau permanente en surface. Le processus d'humification étant aérobie, la production d'odeur n'est pas forte, les odeurs restant liées aux dépotages des camions.

Le degré de réduction des agents pathogènes dans les boues varie selon le climat et la durée de stockage, mais on estime que l'on peut atteindre le seuil de 1 œuf d'helminthe / gramme d'humus après une année. En fonction de la durée de stockage dans les lits et de l'utilisation finale souhaitée, un stockage complémentaire peut être utile. Les percolats issus des lits ne sont pas exempts de pathogènes et peuvent nécessiter un traitement complémentaire selon l'utilisation finale souhaitée.

Exploitation L'exploitation typique consiste à l'accueil des camions, à l'organisation du dépotage, la gestion de l'alimentation des lits (selon l'état des plantes et le climat), au curage des lits, et à l'évacuation finale de l'humus. Le personnel d'exploitation doit avoir une compétence dans la gestion végétale. La phase d'acclimatation des plantes est essentielle et nécessite beaucoup d'attention. Les plantes peuvent être faucardées régulièrement.

L'humus peut être retiré au bout de quelques années. Cette opération peut être réalisée manuellement ou avec des engins (pelle mécanique par exemple). Les abords doivent être maintenus propres pour limiter le développement d'animaux.

Avantages et inconvénients

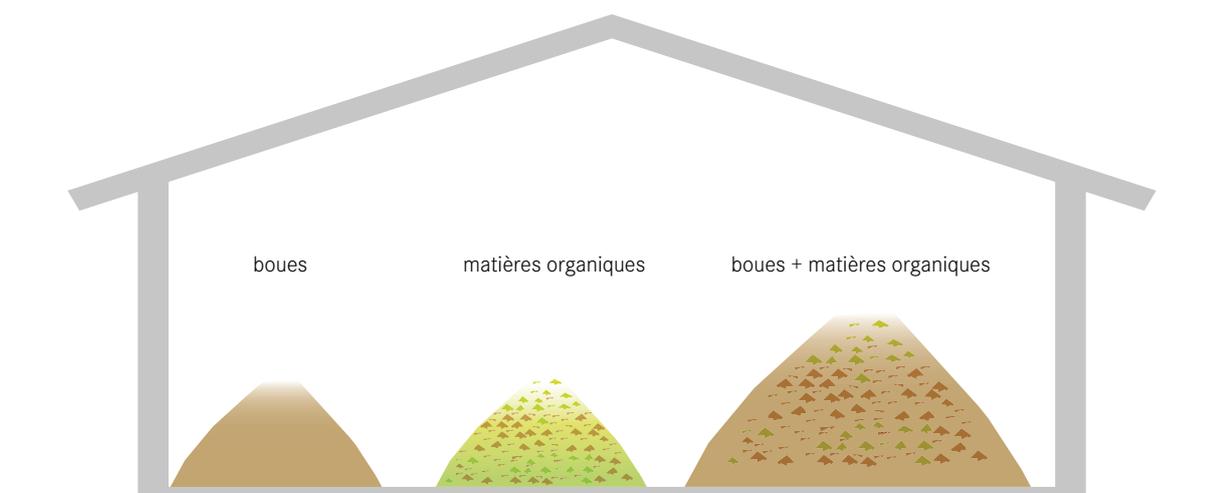
- + Transformation des boues en humus
- + Bonne efficacité en matière de séchage, y compris dans des climats humides
- + Permet le stockage des boues pendant plusieurs années

- + Peuvent être construits et réparés avec des matériaux locaux
- + Coûts d'investissement moyens (selon type de voirie) ; faible coût d'exploitation
- + L'humus et le fourrage qui sont produits dans les lits peuvent générer des revenus
- + Pas d'électricité requise
- + Longue durée de stockage
- Nécessité d'une sensibilité agricole ou horticole pour exploiter la station
- Exigent une superficie de terrain étendue
- Les mouches et les odeurs peuvent être perceptibles
- Requièrent une conception et une construction spécialisées
- Le percolat peut nécessiter un traitement complémentaire

Références et lectures supplémentaires

- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US.
- Heinss, U. and Koottatep, T. (1998). *Use of Reed Beds for Faecal Sludge Dewatering. A Synopsis of Reviewed Literature and Interim Results of Pilot Investigations with Septage Treatment in Bangkok, Thailand*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH and AIT, Bangkok, TH.
- Kengne Noumsi, I. M. (2008). *Potentials of Sludge Drying Beds Vegetated with *Cyperus papyrus* L. and *Echinochloa pyramidalis* (Lam.) Hitchc. & Chase for Faecal Sludge Treatment in Tropical Regions* [PhD dissertation]. University of Yaounde, Yaounde, CM.
Disponible à : www.north-south.unibe.ch
- Koottatep, T., Surinkul, N., Polprasert, C., Kamal, A. S. M., Koné, D., Montangero, A., Heinss, U. and Strauss, M. (2005). *Treatment of Septage in Constructed Wetlands in Tropical Climate - Lessons Learnt after Seven Years of Operation*. *Water Science & Technology* 51 (9): 119-126.
- Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation*. IWA Publishing, London, UK.
Disponible à : www.sandec.ch
(Ouvrage détaillé compilant l'état actuel des connaissances sur tous les aspects liés à la gestion des boues de vidange)
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US. p. 1578.

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Boues  Composés organiques
<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input checked="" type="checkbox"/> Ville	<input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	Produits sortants :  Compost



Le co-compostage est la dégradation aérobie contrôlée des matières organiques, à l'aide de plusieurs sources d'alimentation (boues de vidange et déchets organiques solides). Les boues de vidange présentent une teneur élevée en humidité et en azote, et les déchets solides biodégradables sont riches en carbone organique et possèdent de bonnes propriétés permettant à l'air de circuler. En combinant les deux, il est possible d'utiliser leurs avantages respectifs pour optimiser le processus et le produit.

Il existe deux types de conceptions de co-compostage : conception ouverte et conception en cuve. Dans un compostage ouvert, le mélange de matériaux (boues et déchets solides) s'empile en de longs tas, appelés « andains », et se décompose. Les piles d'andains sont régulièrement retournées pour fournir de l'oxygène et s'assurer de soumettre toutes les portions des tas au même conditionnement thermique. Le compostage en cuve nécessite une alimentation contrôlée en humidité et en air, ainsi qu'un mélange mécanique. Cette technologie n'est donc généralement pas appropriée pour des installations décentralisées. Bien que le processus de compostage semble être une technologie simple et passive, le bon fonctionnement d'une installation passe par une planification et une conception soigneuses pour éviter des défaillances.

Éléments à prendre en compte pour la conception

L'installation doit être positionnée à proximité des sources de déchets organiques et des boues de vidange afin de minimiser les coûts de transport, tout en maintenant à l'écart des habitations et des entreprises pour minimiser les nuisances. Selon le climat et l'espace disponible, l'installation peut être couverte pour éviter une évaporation excessive et/ou pour la protéger de la pluie et du vent.

Pour les boues séchées, il faut utiliser un rapport de 1:2 à 1:3 de boues/déchets solides. Pour les boues liquides, il faut utiliser un rapport de 1:5 à 1:10 de boues/déchets solides. Les piles d'andains doivent faire au moins 1 m de hauteur et être isolées avec du compost ou du sol afin de promouvoir une répartition uniforme de la chaleur à l'intérieur des piles.

Adéquation Une installation de co-compostage ne convient que lorsqu'une source de déchets solides biodégradables bien triés est disponible. Les déchets solides contenant du plastique et des ordures doivent être triés au préalable. S'il est réalisé avec soin, le co-compostage peut produire un amendement de sol propre, agréable et bénéfique.

Comme l'humidité joue un rôle important dans le processus de compostage, des installations couvertes sont

particulièrement recommandées dans des régions où les précipitations sont abondantes.

En dehors des considérations techniques, le compostage n'est utile que si le produit est demandé (par les clients qui payent ce service). Pour trouver des acheteurs, il faut produire un compost frais et de bonne qualité ; cela dépend de l'efficacité du tri initial et d'un processus thermophile bien contrôlé.

Aspects sanitaires/acceptation Le maintien d'une température de 55 à 60 °C dans la pile peut réduire la charge d'agents pathogènes dans les boues à un niveau suffisamment sécurisé pour les manipuler et les travailler. Bien qu'il soit possible de manipuler le compost final en toute sécurité, il faut être prudent lors de la manipulation des boues, quel que soit le traitement auquel elles ont été précédemment soumises. Si le matériau contient des poussières, les travailleurs doivent porter des vêtements de protection et utiliser des équipements respiratoires appropriés. Une ventilation appropriée et un contrôle efficace des poussières sont importants.

Exploitation Le mélange doit être conçu avec soin pour qu'il présente un rapport carbone sur azote et une teneur en humidité et en oxygène appropriés. S'il y a des installations, il serait utile de surveiller l'inactivation des œufs d'helminthes à titre d'indicateur de désinfection.

Il faut du personnel bien formé pour assurer l'exploitation et l'entretien de l'installation. Le personnel chargé de l'entretien doit surveiller de près la qualité du matériau introduit et mener un suivi des flux entrants, des flux sortants, des calendriers de retournement et des délais de maturation pour obtenir un produit de qualité élevée. Les systèmes d'aération forcée doivent être contrôlés et surveillés de près.

Le retournement doit être périodique, avec un camion pelleuse ou manuellement. Des broyeurs robustes pour déchiqueter les gros morceaux de déchets solides (c'est-à-dire les petites branches et les coques de noix de coco) et des retourneurs de pile permettent d'optimiser le processus, de réduire la main-d'œuvre manuelle et d'assurer un produit final plus homogène.

Avantages et inconvénients

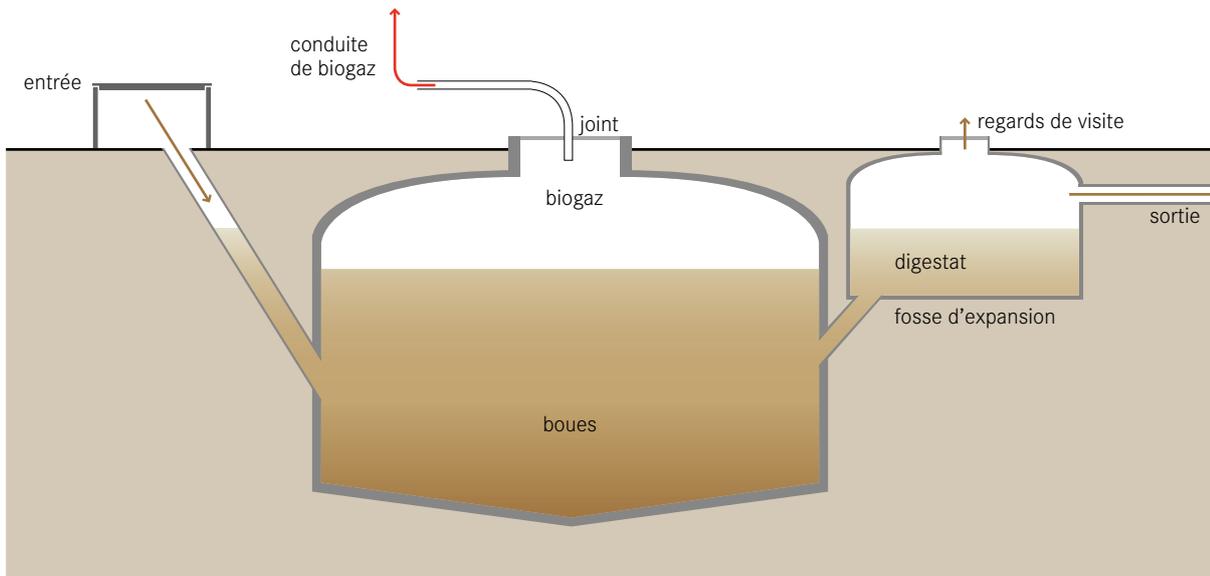
- + Relativement simple à mettre en place et à entretenir avec une formation appropriée
- + Fournit une ressource de valeur qui peut améliorer l'agriculture et la production d'aliments à l'échelle locale

- + Une élimination significative des œufs d'helminthe est possible (< 1 œuf viable/g de matières solides)
- + Peut être construit et réparé avec des matériaux locaux
- + Faibles coûts d'investissement et d'exploitation
- + Pas d'électricité requise
- Exige une superficie de terrain étendue (bien située)
- Longue durée de stockage
- Requiert une conception et une exploitation spécialisées réalisées par du personnel compétent
- Exigeant en main-d'œuvre
- Le compost est trop volumineux pour un transport économique sur de longues distances

Références et lectures supplémentaires

- Hoornweg, D., Thomas, L. and Otten, L. (2000). *Composting and Its Applicability in Developing Countries*. Urban Waste Management Working Paper Series No. 8. The World Bank, Washington, D.C., US.
Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home
- Koné, D., Cofie, O., Zurbrügg, C., Gallizzi, K., Moser, D., Drescher, S. and Strauss, M. (2007). *Helminth Eggs Inactivation Efficiency by Faecal Sludge Dewatering and Co-Composting in Tropical Climates*. *Water Research* 41 (19): 4397-4402.
- Obeng, L. A. and Wright, F. W. (1987). *Integrated Resource Recovery. The Co-Composting of Domestic Solid and Human Wastes*. The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US.
Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home
- Rouse, J., Rothenberger, S. and Zurbrügg, C. (2008): *Marketing Compost, a Guide for Compost Producers in Low and Middle-Income Countries*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Disponible à : www.sandec.ch
- Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation*. IWA Publishing, London, UK.
Disponible à : www.sandec.ch/fsm_book
(Ouvrage détaillé compilant l'état actuel des connaissances sur tous les aspects liés à la gestion des boues de vidange)
- Strauss, M., Drescher, S., Zurbrügg, C., Montangero, A., Cofie, O. and Drechsel, P. (2003). *Co-Composting of Faecal Sludge and Municipal Organic Waste. A Literature and State-of-Knowledge Review*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH and IWMI, Accra, GH.
Disponible à : www.sandec.ch

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
★★ Ménages ★★ Voisinage ★★ Ville	★★ Ménages ★★ Partagé ★★ Public	Boues Eaux noires Eaux brunes Composés organiques
		Produits sortants :
		Boues Biogaz



Un réacteur à biogaz ou digesteur anaérobie est une technologie de traitement anaérobie qui produit (a) des boues digérées (digestat) qu'il est possible d'utiliser comme engrais et (b) un biogaz pouvant être utilisé comme énergie. Le biogaz est un mélange de méthane, de dioxyde de carbone et d'autres traces de gaz, qu'il est possible de convertir en chaleur, en électricité ou en lumière.

Un réacteur à biogaz est une fosse hermétique qui facilite la dégradation anaérobie des eaux noires, des boues et/ou des déchets biodégradables. Il facilite également la collecte du biogaz produit lors des processus de fermentation dans le réacteur. Le gaz se forme dans les boues et s'accumule au sommet de la fosse, en mélangeant les boues à mesure qu'il monte. Le digestat est riche en matières organiques et en nutriments, pratiquement sans odeur, et les agents pathogènes sont partiellement inactivés.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Les réacteurs à biogaz peuvent être des dômes construits en brique ou des réservoirs préfabriqués, qui sont installés au-dessus du sol ou en dessous, selon l'espace, les caractéristiques du sol, les ressources disponibles et le volume de déchets généré. Il est possible de les construire sous forme de digesteurs à dôme fixe ou à dôme flottant. Dans la configuration à dôme fixe, le volume du réacteur est constant.

Lorsque le gaz est généré, il exerce une pression et pousse les boues dans une fosse d'expansion. Une fois que le gaz est retiré, les boues retournent au réacteur. Il est possible d'utiliser la pression pour acheminer le biogaz par des conduites. Dans un réacteur à dôme flottant, le dôme monte et descend avec la génération et le retrait de gaz. Dans d'autres configurations, il peut se dilater (comme un ballon). Afin de minimiser les pertes dans la distribution, les réacteurs doivent être préférentiellement installés à proximité du point d'utilisation du gaz.

Il faut un temps de rétention hydraulique dans le réacteur d'au moins 15 jours dans des climats chauds et de 25 jours dans des climats tempérés. Dans le cas de produits entrants hautement pathogènes, il faut prévoir une période de 60 jours. Normalement, les réacteurs à biogaz fonctionnent dans une plage de températures mésophiles de 30 à 38 °C. Une température thermophile de 50 à 57 °C assurerait la destruction des pathogènes, mais cela n'est possible qu'en chauffant le réacteur (bien que dans la pratique, on ne le réalise que dans les pays industrialisés). Souvent, les réacteurs à biogaz sont raccordés directement à des toilettes privées ou publiques avec un point d'accès supplémentaire pour les matières organiques. Au niveau des ménages, les réacteurs peuvent être fabriqués à partir de conteneurs en plastique ou en briques. Les tailles peuvent varier de 1'000 L pour une seule famille à 100'000 L pour des toilettes institutionnelles ou publiques.

Du fait que la production de digestat est continue, il est nécessaire de prendre des mesures pour son stockage, son utilisation et/ou son transport hors du site.

Adéquation Il est possible d'appliquer cette technologie au niveau des ménages, dans de petits quartiers ou pour la stabilisation des boues de grandes stations de traitement des eaux usées. Il est préférable de l'utiliser dans des situations permettant une alimentation régulière. Souvent, un réacteur à biogaz est utilisé en remplacement d'une fosse septique (S.9), car il offre un niveau similaire de traitement, avec l'avantage du biogaz en plus. Il n'est toutefois pas possible de générer beaucoup de gaz si seules des eaux noires sont introduites. On obtient les niveaux les plus élevés de génération de biogaz avec des substrats concentrés riches en matières organiques, comme le fumier animal et les déchets organiques provenant des marchés ou des déchets ménagers. Si le fumier est la principale source d'alimentation, il peut être efficace pour codigérer les eaux noires d'un seul ménage. Il ne faut pas ajouter d'eaux grises, car elles réduisent nettement le temps de rétention hydraulique. Le bois et la paille sont difficiles à dégrader et devront donc être évités dans le substrat.

Les réacteurs à biogaz sont moins bien adaptés pour des climats plus froids, car la vitesse de conversion des matières organiques en biogaz est très lente à des températures inférieures à 15 °C. En conséquence, le temps de rétention hydraulique doit être plus long et il faut considérablement augmenter le volume de l'ouvrage.

Aspects sanitaires/acceptation Le digestat est partiellement désinfecté, mais il présente encore un risque d'infection. Selon son utilisation finale, un traitement complémentaire peut être nécessaire. Les gaz inflammables posent également des risques, car, s'ils sont mal gérés, ils pourraient être nocifs pour la santé des personnes.

Exploitation Si la conception et la construction du réacteur sont correctes, les réparations doivent être minimales. Pour démarrer le réacteur, il faut l'inoculer avec des bactéries anaérobies, par exemple en ajoutant de la bouse de vache ou des boues de fosse septique. Les déchets organiques utilisés comme substrat doivent être déchiquetés et mélangés à de l'eau ou du digestat avant de les introduire dans le réacteur.

Les équipements pour le gaz doivent être soigneusement et régulièrement nettoyés pour empêcher la corrosion et les fuites. Il faut retirer les gravillons et le sable qui se

sont déposés au fond de l'ouvrage. Selon la conception et les produits entrants, le réacteur doit être vidé tous les 5 à 10 ans.

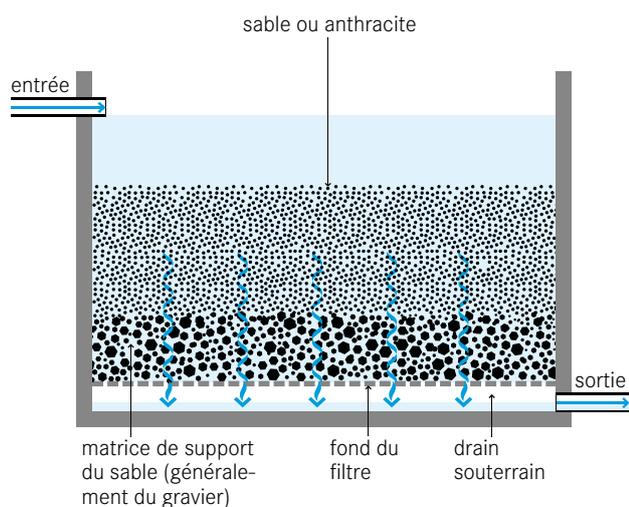
Avantages et inconvénients

- + Génération d'énergie renouvelable
- + Petite surface de terrain requise (la plus grande partie de la structure peut être construite sous terre)
- + Pas d'électricité requise
- + Conservation des nutriments
- + Longue durée de service
- + Faible coût d'exploitation
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Comme l'élimination des pathogènes est incomplète, le digestat peut nécessiter un traitement complémentaire
- Production de gaz limitée à des températures inférieures à 15 °C

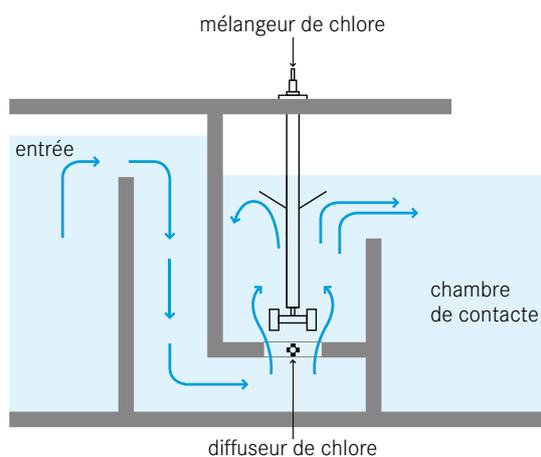
Références et lectures supplémentaires

- CMS (1996). *Biogas Technology: A Training Manual for Extension*. FAO/TCP/NEP/4451-T. Consolidated Management Services, Kathmandu, NP.
Disponible à : www.fao.org
- GTZ (1998). *Biogas Digest. Volume I-IV*. Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT). Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, DE.
Disponible à : www.susana.org/library
- Mang, H.-P. and Li, Z. (2010). *Technology Review of Biogas Sanitation. Draft – Biogas Sanitation for Blackwater, Brown Water, or for Excreta Treatment and Reuse in Developing Countries*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
Disponible à : www.susana.org/library
- Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide*. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.
- Vögeli, Y., Lohri, C. R., Gallardo, A., Diener, S. and Zurbrugg, C. (2014). *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries. Practical Information and Case Studies*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Disponible à : www.sandec.ch

<p>Niveau d'application</p> <p>☐ Ménages ★ Voisinage ★★ Ville</p>	<p>Niveau de gestion</p> <p>☐ Ménages ★ Partagé ★★ Public</p>	<p>Produits entrants : Effluents</p> <hr/> <p>Produits sortants : Effluents</p>
--	--	---



filtration tertiaire (par exemple, filtration en profondeur)



désinfection (par exemple, chloration)

Selon l'utilisation finale des effluents ou les réglementations nationales relatives aux déversements dans des eaux superficielles, une étape de post-traitement peut être nécessaire pour éliminer les agents pathogènes, les matières en suspension résiduelles et/ou les composants dissouts. On utilise le plus souvent des procédés de filtration et de désinfection pour y parvenir.

Un post-traitement n'est pas toujours nécessaire et une approche pragmatique est recommandée. La qualité des effluents doit correspondre à l'utilisation finale envisagée ou à la qualité des eaux superficielles destinées à le recevoir. Les recommandations de l'OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères fournissent des informations utiles sur l'évaluation et la gestion des risques associés aux dangers microbiens et aux substances chimiques toxiques.

Parmi le vaste éventail de technologies existantes de traitement tertiaire pour les effluents, les plus répandues comprennent les procédés de filtration et de désinfection.

Filtration tertiaire Les procédés de filtration peuvent être classés en procédés de filtration en profondeur (ou colonne de filtration) ou de filtration en surface. La filtration en profondeur consiste au retrait des matières solides résiduelles en suspension en faisant passer le liquide à travers un lit filtrant comprenant un matériau filtrant granulaire (par exemple, du sable).

Si l'on utilise du charbon actif comme élément filtrant, le processus dominant est l'adsorption. Non seulement les adsorbants de charbon actif éliminent une variété de composés organiques et non organiques, mais aussi le goût et l'odeur. La filtration en surface consiste au retrait des matières particulaires par un tamisage mécanique lorsque le liquide traverse une fine cloison (c'est-à-dire une couche filtrante). Les membranes font partie des filtres de surface. Des procédés de filtration sur membrane à basse pression (y compris des membranes filtrantes gravitaires) sont en cours de développement. La filtration en profondeur est efficace pour éliminer les kystes et les oocytes protozoaires, et les membranes d'ultrafiltration peuvent également éliminer avec fiabilité les bactéries et les virus.

Désinfection La destruction, l'inactivation ou l'enlèvement des microorganismes pathogènes sont possibles par des moyens chimiques, physiques ou biologiques. Du fait de son faible prix, de sa haute disponibilité et de son fonctionnement simple, le chlore est depuis longtemps le désinfectant privilégié pour traiter les eaux usées. Le chlore oxyde les matières organiques, y compris les microorganismes et les agents pathogènes. Toutefois, les préoccupations concernant la toxicité des sous-produits de la désinfection et la sécurité chimique ont entraîné un remplacement croissant de la chloration par d'autres systèmes de désinfection, comme les rayons ultra-violetts (UV) et l'ozonation (O₃).

Les rayons UV proviennent de la lumière du soleil et tuent les virus et les bactéries. Ainsi, la désinfection se produit naturellement dans des bassins peu profonds (consulter la section T.5). Les rayons UV peuvent également être générés par le biais de lampes spéciales, qu'il est possible d'installer dans un canal ou dans une conduite. L'ozone est un oxydant puissant, généré à partir d'oxygène dans le cadre d'un procédé à forte intensité d'énergie. Il dégrade les polluants organiques et non organiques, y compris les agents odorants. Comme dans le cas du chlore, la formation de sous-produits indésirables est l'un des problèmes associés à l'utilisation d'ozone comme désinfectant.

Adéquation La décision d'installer une technologie de post-traitement dépend principalement des exigences de qualité pour l'utilisation finale souhaitée des effluents et/ou des réglementations nationales. Parmi les autres facteurs figurent les caractéristiques des effluents, le budget, la disponibilité des matériaux et les capacités en matière d'exploitation.

Les agents pathogènes tendent à être masqués par les matières solides en suspension dans des effluents secondaires non filtrés. Ainsi, une étape de filtration préalable à la désinfection offre des résultats bien plus concluants avec une utilisation moindre de substances chimiques.

Les membranes filtrantes sont coûteuses et nécessitent un savoir-faire spécialisé en matière d'exploitation, particulièrement pour éviter d'endommager la membrane. Dans un processus d'adsorption au charbon actif, le matériau filtrant est contaminé après son utilisation et il nécessite un traitement/une élimination approprié. Le chlore ne doit pas être utilisé si l'eau contient d'importantes quantités de matières organiques, car des sous-produits de la désinfection peuvent se former. Les coûts d'ozonation sont généralement plus importants que pour d'autres méthodes de désinfection.

Aspects sanitaires/acceptation Dans le cadre de la désinfection au chlore et à l'ozone, des sous-produits peuvent se former et représenter une menace pour la santé de l'environnement et des personnes. De plus, la manipulation et le stockage de chlore liquide impliquent des préoccupations en termes de santé. L'adsorption au charbon actif et l'ozonation peuvent éliminer les couleurs et les odeurs désagréables, augmentant ainsi l'acceptation de la réutilisation des eaux.

Exploitation Toutes les méthodes de post-traitement nécessitent une surveillance continue (qualité des effluents, perte de charge des filtres, dosage des désinfectants, etc.) pour assurer des performances élevées.

Du fait de l'accumulation de matières solides et du développement microbien, l'efficacité du filtre à sable, de la membrane filtrante et du filtre à charbon actif diminue progressivement. Un nettoyage fréquent (lavage à contre-courant) ou un remplacement du matériau filtrant est donc nécessaire. Pour la chloration, du personnel formé est requis pour déterminer l'administration appropriée de chlore et s'assurer d'un mélange adéquat. L'ozone doit être produit sur place, car il est chimiquement instable et se décompose rapidement en oxygène. Dans le cadre d'une désinfection aux UV, la lampe UV doit être régulièrement nettoyée et il faut la remplacer tous les ans.

Avantages et inconvénients

- + Retrait supplémentaire des agents pathogènes et/ou de contaminants chimiques
- + Autorise une réutilisation directe des eaux usées traitées
- Les compétences, la technologie, les pièces et les matériaux peuvent ne pas être disponibles à l'échelle locale
- Les coûts d'investissement et d'exploitation peuvent être très élevés
- Certaines technologies exigent une source d'électricité constante et/ou des substances chimiques
- Nécessite une surveillance continue des effluents entrants
- Les matériaux filtrants doivent être soumis à un lavage à contre-courant régulier ou être remplacés
- La chloration et l'ozonation peuvent générer des sous-produits toxiques de la désinfection

Références et lectures supplémentaires

- NWRI (2012). *Ultraviolet Disinfection. Guidelines for Drinking Water and Water Reuse*. 3rd Ed. National Water Research Institute and Water Research Foundation, Fountain Valley, CA, US. Disponible à : www.nwri-usa.org
- Robbins, D. M. and Ligon, G.C. (2014). *How to Design Wastewater Systems for Local Conditions in Developing Countries*. IWA Publishing, London, UK.
- SSWM Toolbox. www.sswm.info/category/implementation-tools/water-purification (accès en février 2014)
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US. pp. 1035-1330.
- WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 2: Wastewater Use in Agriculture*. World Health Organization, Geneva, CH. Disponible à : www.who.int

Cette section présente les différentes technologies et méthodes avec lesquelles les produits retournent dans l'environnement, en tant que ressources utiles ou matériaux à risques réduits. S'il existe une valorisation possible pour les produits, ils peuvent être appliqués ou utilisés. Sinon, ils doivent être mis en décharge (stockage contrôlé) selon les méthodes les moins néfastes pour le public et l'environnement. Le cas échéant, les recommandations de l'OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères figurent dans les fiches d'informations.

- D.1 Déplacement de fosse / Arborloo
- D.2 Application de l'urine stockée
- D.3 Application de fèces déshydratées
- D.4 Application des humus et composts
- D.5 Épandage des boues
- D.6 Irrigation
- D.7 Puits d'infiltration
- D.8 Lit d'infiltration
- D.9 Bassin piscicole
- D.10 Lagunage à macrophytes
- D.11 Déversement au cours d'eau / recharge de nappe souterraine
- D.12 Mise en décharge
- D.13 Combustion du biogaz

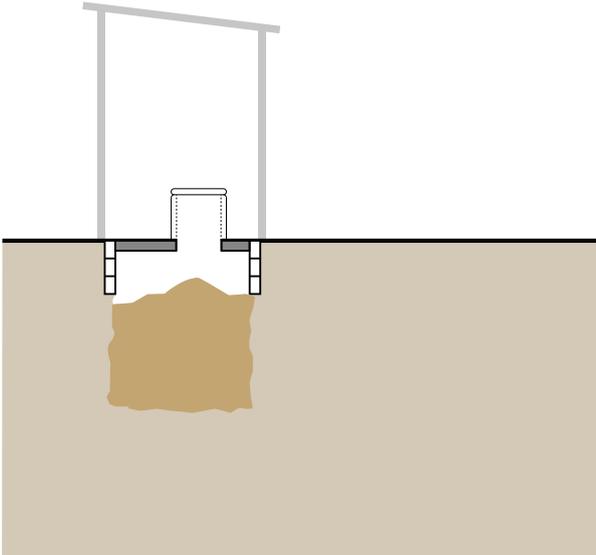
Quel que soit le contexte spécifique, le choix de technologie dépend généralement des facteurs suivants :

- Type et qualité des produits
- Acceptation socioculturelle
- Demandes locales
- Aspects juridiques
- Disponibilité des matériaux et des équipements
- Espace disponible
- Caractéristiques du sol et de la nappe souterraine

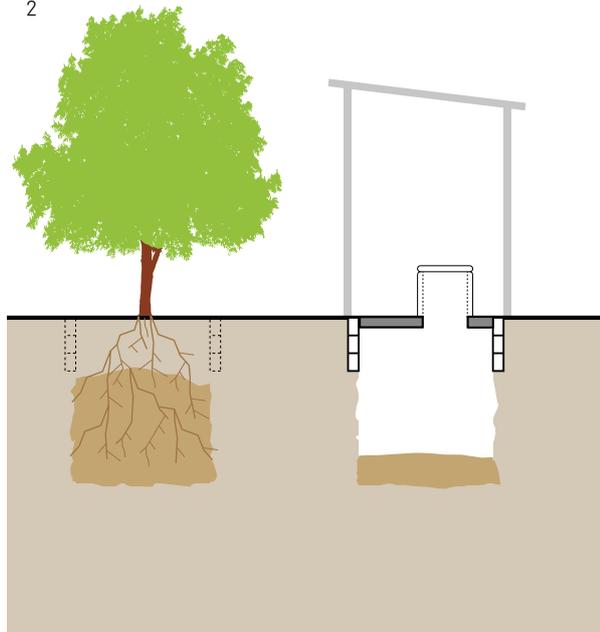


Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input type="checkbox"/> Ville	<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input type="checkbox"/> Public	<input type="checkbox"/> Excréments <input type="checkbox"/> Fèces <input type="checkbox"/> Composés organiques (+ <input type="checkbox"/> Eau de nettoyage anal) (+ <input type="checkbox"/> Matériaux de nettoyage sec)
		Produits sortants : <input type="checkbox"/> Biomasse

1



2



Pour mettre une fosse hors service, il suffit de la remplir de sol et de la recouvrir. Bien qu'elle n'offre aucun avantage, la fosse pleine ne pose aucun risque sanitaire immédiat et le contenu se dégrade naturellement avec le temps. Autrement, l'arborloo est une fosse peu profonde que l'on remplit d'excréments et de sol/cendres, puis que l'on recouvre de sol ; un arbre planté au-dessus de la fosse riche en nutriments poussera très bien.

Quand une fosse unique (S.2) ou une VIP simple (S.3) est pleine et qu'on ne peut pas la vider, une solution consiste à procéder à un « remplissage et recouvrement », c'est-à-dire à remplir le reste de la fosse et à la recouvrir, bien qu'elle présente un intérêt limité pour l'environnement et l'utilisateur.

L'arborloo est une fosse peu profonde sur laquelle on peut planter un arbre une fois qu'elle est pleine, et on déplace la superstructure, la buse et la dalle sur une nouvelle fosse. Avant d'utiliser l'arborloo, on dépose une couche de feuilles au fond de la fosse vide. Un bol de sol, de cendres ou d'un mélange des deux doit être jeté dans la fosse pour recouvrir les excréments après chaque défécation. Si elles sont disponibles, on peut aussi ajouter occasionnellement des feuilles pour améliorer la porosité et la teneur en air du tas. Lorsque la fosse est pleine (généralement tous les 6 à 12

mois), les 15 derniers centimètres sont remplis de sol et on plante un arbre.

La culture de bananiers, de papayers et de goyaviers (entre autres) ont fait leurs preuves.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Un déplacement de fosse / arborloo n'est une solution que si le site est adapté pour y faire pousser un arbre. Lors de la sélection de l'emplacement de la fosse, les utilisateurs doivent donc déjà choisir un site où l'espace et les conditions sont adaptés pour un nouvel arbre (par exemple, par rapport à la distance entre la fosse et les habitations).

Un arborloo nécessite une fosse peu profonde, d'environ 1 m de profondeur. Il ne faut pas l'étanchéifier car un revêtement empêcherait l'arbre ou la plante de pousser correctement.

Toutefois, on ne doit pas planter un arbre directement dans les excréments bruts. Il faut le planter dans le sol au-dessus de la fosse, permettant ainsi à ses racines de pénétrer dans le contenu de la fosse à mesure que l'arbre grandit. Il peut être préférable d'attendre la saison des pluies avant de planter l'arbre si l'eau manque.

Adéquation La solution de remplissage et recouvrement d'une fosse est adaptée lorsqu'une vidange n'est pas possible et quand il y a suffisamment d'espace pour creuser continuellement de nouvelles fosses.

Le déplacement de fosse / arborloo peut être convenir dans des zones rurales, périurbaines et même plus denses s'il y a suffisamment d'espace.

Planter un arbre dans la fosse abandonnée est une bonne méthode pour reboiser une zone, fournir une source durable de fruits frais et empêcher les personnes de tomber dans d'anciens trous de fosse.

S'il n'y a pas d'arbres à disposition, il est également possible de planter d'autres plantes, comme des tomates et des potirons, au-dessus de la fosse. Selon les conditions locales, le contenu de la fosse recouverte ou d'un arborloo risque toutefois de contaminer les ressources en eau souterraine tant qu'il n'est pas complètement décomposé.

Aspects sanitaires/acceptation Les risques d'infection sont minimes si la fosse est correctement recouverte et clairement repérée. Il peut être préférable de recouvrir la fosse et de planter un arbre plutôt que de la vider, particulièrement si aucune technologie appropriée n'est disponible pour retirer et traiter les boues de vidange.

Comme les utilisateurs n'ont aucun contact avec les matières fécales, le risque de transmission pathogène est très faible.

Les projets de démonstration de déplacement de fosse / arborloo qui permettent aux membres de la communauté de participer sont très utiles pour démontrer la simplicité du système, sa nature inoffensive et la valeur des nutriments issus des excréments humains.

Exploitation Un bol de sol et/ou de cendres doit être ajouté à la fosse après chaque défécation, et il faut y introduire régulièrement des feuilles. De plus, le contenu de la fosse doit être périodiquement nivelé pour empêcher la formation d'un cône en son centre.

Une fosse fermée requiert peu d'entretien en dehors de l'attention dispensée à l'arbre ou à la plante. Les arbres plantés dans des fosses abandonnées doivent être arrosés régulièrement. Il faut installer une petite clôture en bâtons et en sacs autour du jeune arbre pour le protéger contre les animaux.

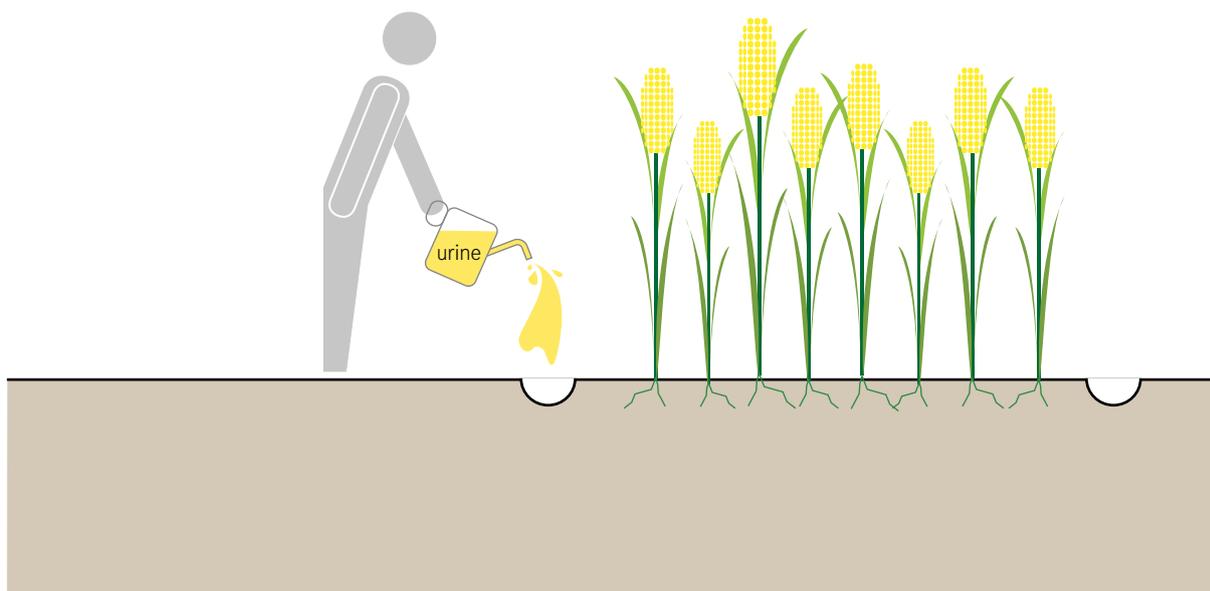
Avantages et inconvénients

- + Technique simple à appliquer pour tous les utilisateurs
- + Coûts faibles
- + Faible risque de transmission d'agents pathogènes
- + Peut promouvoir la génération de revenus (la culture d'arbres et la production de fruits)
- Une nouvelle fosse doit être creusée ; l'ancienne fosse ne peut pas être réutilisée
- Le recouvrement d'une fosse ou la culture d'un arbre n'élimine pas le risque de contamination de l'eau souterraine

Références et lectures supplémentaires

- Hebert, P. (2010). *Rapid Assessment of CRS Experience with Arborloos in East Africa*. Catholic Relief Service (CRS), Baltimore, US.
Disponible à : www.susana.org/library
- Morgan, P. R. (2004). *An Ecological Approach to Sanitation in Africa. A Compilation of Experiences*. Aquamor, Harare, ZW. Chapter 10: The Usefulness of Urine.
Disponible à : www.ecosanres.org
- Morgan, P. R. (2007). *Toilets That Make Compost. Low-Cost, Sanitary Toilets That Produce Valuable Compost for Crops in an African Context*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. pp. 81-90.
Disponible à : www.ecosanres.org
- Morgan, P. R. (2009). *Ecological Toilets. Start Simple and Upgrade from Arborloo to VIP*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Disponible à : www.ecosanres.org
- NWP (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of Innovative, Low-Cost Technologies for Toilets, Collection, Transportation, Treatment and Use of Sanitation Products*. Netherlands Water Partnership, The Hague, NL. p. 51.
Disponible à : www.ircwash.org

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Urine stockée
<ul style="list-style-type: none">   Ménages   Voisinage   Ville 	<ul style="list-style-type: none">   Ménages   Partagé   Public 	Produits sortants :  Biomasse



L'urine stockée est une source concentrée de nutriments que l'on peut appliquer comme engrais liquide dans l'agriculture, et elle peut remplacer tout ou partie des engrais chimiques commerciaux.

Les recommandations relatives à l'utilisation de l'urine fournissent un délai et une température de stockage spécifiques (consulter les recommandations de l'OMS relatives à l'utilisation des excréta dans l'agriculture pour des besoins spécifiques). Toutefois, il est généralement reconnu que, si l'urine est stockée pendant au moins 1 mois, son application dans l'agriculture sera sûre au niveau des ménages. Si l'urine est utilisée pour des cultures qui sont mangées par des personnes en dehors du producteur de l'urine, celle-ci doit être stockée au préalable pendant 6 mois.

L'urine comme additif pour enrichir un compost est une autre utilisation avantageuse de l'urine. Les technologies pour la production d'engrais à base d'urine font actuellement l'objet de recherches (par exemple, la struvite, consulter la section Technologies d'assainissement émergentes, p. 166). L'urine qui provient de personnes normales et en bonne santé est pratiquement exempte d'agents pathogènes. L'urine contient également la majorité des nutriments qui sont excrétés dans le corps. Sa composition varie selon le régime alimentaire, le sexe, le climat, la consommation d'eau, etc., mais en général, l'urine contient environ 88 % de l'azote, 61 % du phosphore et 74 % du potassium excrétés par le corps.

Éléments à prendre en compte pour la conception

L'urine stockée ne doit pas être appliquée directement sur des plantes en raison de son pH élevé et de sa forme concentrée. On peut plutôt :

- 1) la mélanger non diluée avec le sol avant la plantation ;
- 2) la verser dans des sillons, mais suffisamment à l'écart des racines des plantes, et la recouvrir immédiatement (bien qu'il ne faille pas le faire plus d'une ou deux fois pendant la saison de croissance); et
- 3) la diluer plusieurs fois, permettant ainsi de l'utiliser fréquemment autour des plantes (jusqu'à deux fois par semaine).

Le taux d'application optimal dépend de la demande en azote et de la tolérance des cultures sur lesquelles on l'utilise, de la concentration en azote du liquide, ainsi que du taux d'ammoniacque perdu en cours d'application. En règle générale, on peut présumer qu' 1 m² de terrain de culture peut recevoir 1,5 L d'urine par saison de croissance (cette quantité correspond à la production quotidienne d'urine d'une personne et à une concentration de 40 à 110 kg N/ha). La production d'urine d'une personne sur une année suffit donc pour fertiliser 300 à 400 m² de terres agricoles.

Un mélange 3:1 d'eau et d'urine est une dilution efficace pour les légumes, bien que la quantité appropriée dépende du sol et du type de légumes.

Si l'on utilise de l'urine diluée dans un système d'irrigation, c'est ce qu'on appelle une « irrigation fertilisante » (consultez la section D.6). Au cours de la saison des pluies, on peut également appliquer l'urine directement dans de petits trous à proximité des plantes ; puis elle se dilue naturellement.

Adéquation L'urine est particulièrement bénéfique pour les cultures qui manquent d'azote. Parmi les exemples de cultures qui poussent bien avec l'urine figurent : le maïs, le riz, le millet, le sorgho, le blé, la blette, les navets, les carottes, les choux frisés, les choux, la laitue, les bananes, les papayes et les oranges. L'application de l'urine convient idéalement aux milieux ruraux et périurbains, où les terres agricoles sont proches du point de collecte de l'urine. Les ménages peuvent utiliser leur propre urine sur leur propre parcelle de terre. Autrement, s'il existe des installations et des infrastructures adéquates, il est possible de recueillir l'urine dans un site semi-centralisé pour la distribuer et la transporter jusqu'aux terres agricoles. Quelle que soit la méthode employée, l'aspect le plus important est que l'urine stockée peut satisfaire aux besoins en nutriments rapportés pour l'agriculture. Lorsqu'il n'y a pas de tels besoins, l'urine peut devenir une source de pollution et un désagrément.

Aspects sanitaires/acceptation L'urine pose un risque minime d'infection, particulièrement lorsqu'elle a été stockée pendant une période prolongée. Pourtant, l'urine doit être manipulée avec prudence et ne doit pas être appliquée sur des cultures moins d'un mois avant leur récolte. Cette période d'attente est particulièrement importante pour des cultures consommées crues (consulter les recommandations de l'OMS pour une question spécifique). L'acceptation sociale peut être difficile. L'urine stockée dégage une odeur forte et sa manipulation ou sa proximité peuvent rebuter certains. Si l'urine est diluée et/ou immédiatement enfouie dans la terre, cela peut toutefois réduire les odeurs. L'utilisation de l'urine peut être moins acceptée dans des zones urbaines ou périurbaines lorsque les jardins des ménages sont proches des habitations, alors que dans les zones rurales, les habitations et les terres agricoles sont distinctes.

Exploitation Avec le temps, certains minéraux présents dans l'urine précipitent (particulièrement les phosphates de calcium et de magnésium). Les équipements qui sont utilisés pour recueillir, transporter ou appliquer l'urine (c'est-à-dire des arrosoirs avec de petits orifices) peuvent s'obstruer avec le temps.

La plupart des dépôts se retirent facilement à l'eau chaude et avec un peu d'acide (vinaigre) ou, dans les cas extrêmes, en les retirant à la main.

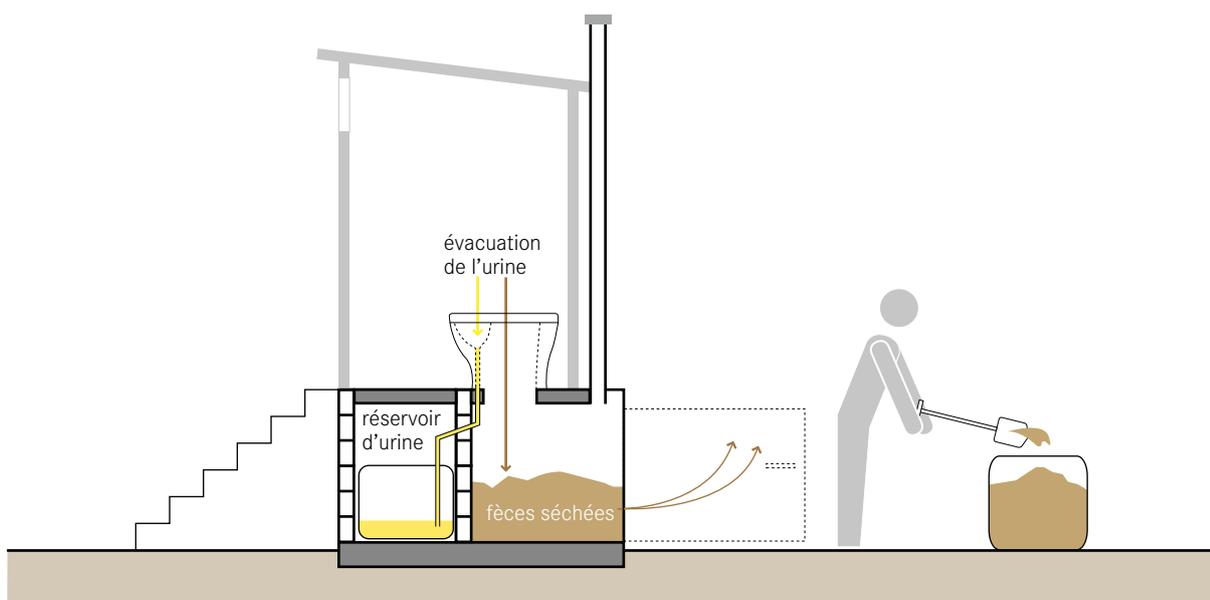
Avantages et inconvénients

- + Peut promouvoir la génération de revenus (amélioration des récoltes et de la productivité des plantes)
- + Réduit la dépendance à l'égard d'engrais chimiques chers
- + Faible risque de transmission d'agents pathogènes
- + Coûts faibles
- L'urine est lourde et difficile à transporter
- Les odeurs peuvent être repoussantes
- Exigeante en main-d'œuvre
- Risque de salinisation du sol si celui-ci est vulnérable à l'accumulation des sels
- L'acceptation sociale peut être faible dans certaines régions

Références et lectures supplémentaires

- Morgan, P. R. (2004). *An Ecological Approach to Sanitation in Africa. A Compilation of Experiences*. Aquamor, Harare, ZW. Chapter 10: The Usefulness of Urine. Disponible à : www.ecosanres.org
- Morgan, P. R. (2007). *Toilets That Make Compost. Low-Cost, Sanitary Toilets That Produce Valuable Compost for Crops in an African Context*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Disponible à : www.ecosanres.org
- von Münch, E. and Winker, M. (2011). *Technology Review of Urine Diversion Components. Overview of Urine Diversion Components Such as Waterless Urinals, Urine Diversion Toilets, Urine Storage and Reuse Systems*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE. Disponible à : www.susana.org/library
- Richert, A., Gensch, R., Jönsson, H., Stenström, T. A., and Dagerskog, L. (2010). *Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production*. EcoSanRes, Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Disponible à : www.susana.org/library
- WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture*. World Health Organization, Geneva, CH. Disponible à : www.who.int (Risques sanitaires et recommandations concernant l'application de l'urine)

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Fèces séchées
<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input type="checkbox"/> Ville	<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	Produits sortants :  Biomasse



Lorsque des fèces sont stockées au sec (c'est-à-dire sans urine), elles se déshydratent et forment une matière ou une poudre blanc-beige épaisse, granulaire et friable. L'humidité qui est naturellement présente dans les fèces s'évapore et/ou est absorbée par le matériau déshydratant (par exemple, des cendres, de la sciure, de la chaux) que l'on y ajoute. Les fèces déshydratées peuvent servir d'amendement de sol.

La déshydratation est différente du compostage en ce que la matière organique présente n'est pas dégradée ou transformée ; seule l'humidité est éliminée. Une fois déshydratées, les fèces ont perdu environ 75 % de leur volume. Des fèces totalement déshydratées sont granulaires et poudreux. Les carapaces et carcasses de vers et d'insectes dans les fèces se déshydratent également et sont intégrées dans le matériau déshydraté.

Le matériau est riche en carbone et en nutriments, mais il peut encore contenir des kystes ou des oocytes protozoaires (spores capables de survivre dans des conditions environnementales extrêmes et de se réactiver dans des conditions favorables) et d'autres agents pathogènes. Le degré d'inactivation des agents pathogènes dépend de la température, du pH (l'utilisation de cendres ou de chaux augmente le pH) et du délai de stockage.

On accepte généralement que les fèces soient stockées pendant 6 à 24 mois, bien qu'il soit possible que des agents pathogènes subsistent après ce délai (consulter les recommandations de l'OMS pour une question spécifique).

On peut mélanger le matériau avec du sol destiné à l'agriculture (selon l'acceptation) ou le mélanger en toute sécurité avec un autre sol, ou encore l'enterrer ailleurs. Une autre possibilité consiste à adopter une durée de stockage prolongée si le matériau n'est pas immédiatement utilisé (consulter la section D.12).

Éléments à prendre en compte pour la conception

Les fèces qui sont déshydratées et maintenues à une température de 2 à 20°C doivent être stockées pendant 1,5 à 2 ans avant leur utilisation au niveau des ménages ou au niveau régional. À des températures supérieures (c'est-à-dire >20 °C en moyenne), on recommande un stockage de plus d'un an pour désactiver les œufs d'ascaris (un type de vers parasite). Un délai de stockage plus court de 6 mois est nécessaire si les fèces présentent un pH supérieur à 9 (c'est-à-dire que l'ajout de cendres ou de chaux augmente le pH). Consulter au préalable les recommandations de l'OMS concernant l'utilisation d'excréments dans l'agriculture.

Adéquation Les fèces déshydratées ne sont pas aussi efficace en tant qu'amendement des sols que les fèces

compostées. Toutefois, elles peuvent aider à enrichir un sol pauvre et à renforcer les propriétés de rétention du carbone et de l'eau du sol, tout en ne posant qu'un risque faible de transmission d'agents pathogènes.

Aspects sanitaires/acceptation Certaines personnes peuvent penser que la manipulation et l'utilisation de fèces déshydratées ne sont pas acceptables. Toutefois, parce que les fèces déshydratées sont sèches, granulaires et inodores, leur utilisation peut être plus facile à accepter que le fumier ou les boues. Les fèces déshydratées constituent un environnement hostile pour les organismes et ils n'y survivent pas longtemps. Si l'on mélange de l'eau ou de l'urine avec les fèces en cours de déshydratation, les odeurs et les organismes peuvent toutefois poser des problèmes, car les bactéries survivent facilement et se multiplient dans des fèces humides. Des environnements chauds et humides promeuvent les processus anaérobies, ce qui peut générer des odeurs repoussantes.

Les fèces déshydratées ne doivent pas être appliquées sur des cultures moins d'un mois avant leur récolte. La période d'attente est particulièrement importante pour des cultures consommées crues.

Exploitation Lors du retrait de fèces déshydratées hors de chambres de déshydratation, il faut veiller à ne pas souffler dessus et à ne pas les inhaler. Les travailleurs doivent porter des vêtements de protection appropriés.

Les fèces doivent être maintenues aussi sèches que possible. Si de l'eau ou de l'urine pénètre accidentellement dans les fèces en cours de déshydratation et s'y mélange, il faut ajouter plus de cendres, de chaux ou de sol sec pour aider à absorber l'humidité. La précaution est la meilleure méthode pour maintenir les fèces sèches.

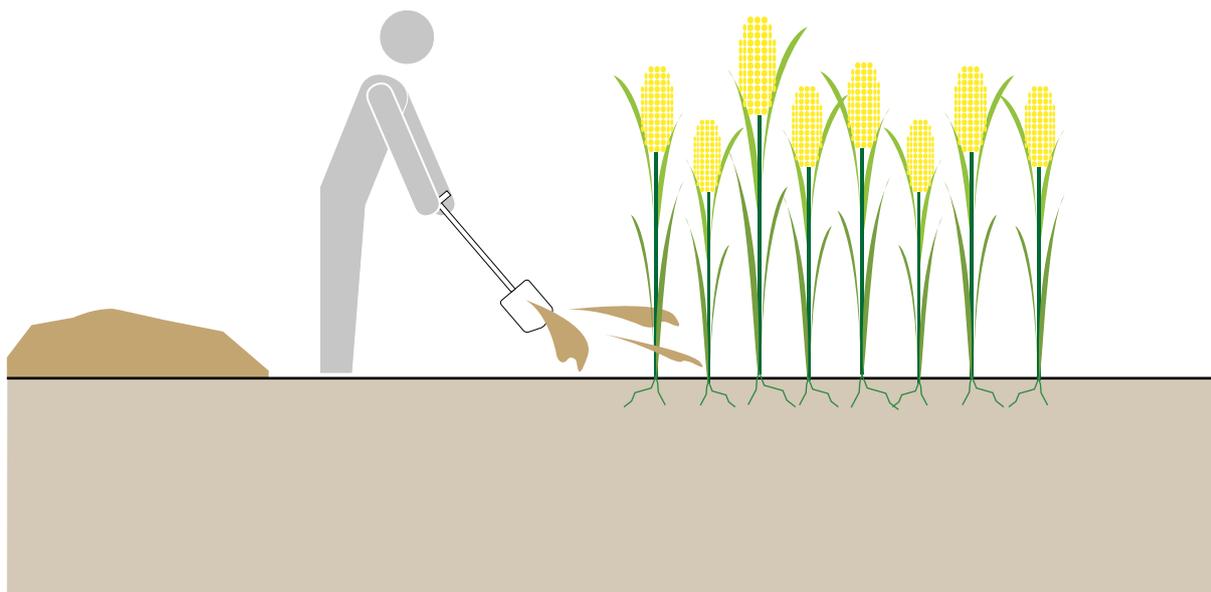
Avantages et inconvénients

- + Peuvent améliorer la structure et la capacité de rétention d'eau du sol
- + Faible risque de transmission d'agents pathogènes
- + Coûts faibles
- Exigeant en main-d'œuvre
- L'existence d'agents pathogènes est possible dans un état latent (kystes et oocytes), ce qui peut poser des risques d'infection en cas d'humidité
- Ne remplace pas l'engrais (N, P, K)
- L'acceptation sociale peut être faible dans certaines régions

Références et lectures supplémentaires

- Austin, A. and Duncker, L. (2002). *Urine-Diversion. Ecological Sanitation Systems in South Africa*. CSIR, Pretoria, ZA.
- Rieck, C., von Münch, E. and Hoffmann, H. (2012). *Technology Review of Urine-Diverting Dry Toilets (UDDTs). Overview of Design, Operation, Management and Costs*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
Disponible à : www.susana.org/library
- Schönning, C. and Stenström, T. A. (2004). *Guidelines for the Safe Use of Urine and Faeces in Ecological Sanitation Systems*. Report 2004-1. EcoSanRes, Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Disponible à : www.ecosanres.org
- WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture*. World Health Organization, Geneva, CH.
Disponible à : www.who.int
- Winblad, U. and Simpson-Hébert, M. (Eds.) (2004). *Ecological Sanitation. Revised and Enlarged Edition*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Disponible à : www.ecosanres.org

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Humus  Compost
<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input type="checkbox"/> Ville	<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input type="checkbox"/> Public	Produits sortants :  Biomasse



Le compost est la substance similaire à du sol qui résulte de la dégradation aérobie contrôlée de matières organiques. L'humus désigne le matériau retiré d'une technologie à double fosse (S.4, S.5 ou S.6), car il est produit de matière passive sous le sol et présente une composition légèrement différente de celle du compost. Les deux produits peuvent servir d'amendement de sol.

Le processus de compostage thermophile génère de la chaleur (50 à 80 °C), ce qui tue la majorité des agents pathogènes présents. Le processus de compostage nécessite des quantités appropriées de carbone, d'azote, d'humidité et d'air.

La double VIP (S.4), la Fossa Alterna (S.5) ou la double fosse pour toilettes à chasse manuelle (S.6) représentent des variations à température ambiante du compostage à température élevée. Dans ces technologies, la température n'augmente pratiquement pas du fait que les conditions dans la fosse (oxygène, humidité, rapport carbone sur azote) ne sont pas optimisées pour la réalisation de processus de compostage. Pour cette raison, le matériau n'est pas réellement du « compost » et on le désigne donc par « humus ». La texture et la qualité de l'humus dépendent des matériaux qui ont été ajoutés dans les excréments (par exemple, ajout de sol à une Fossa Alterna) et des conditions de stockage.

Les recommandations de l'OMS sur l'utilisation des excréments dans l'agriculture stipulent que le compost doit générer et conserver une température de 50 °C pendant au moins une semaine avant de pouvoir le considérer comme sûr. L'obtention de cette température nécessite toutefois une période de compostage considérablement plus longue. Pour des technologies qui génèrent de l'humus, on recommande une période de stockage d'au moins un an pour éliminer les agents pathogènes bactériens et réduire les virus et les parasites protozoaires. Il faut consulter les recommandations de l'OMS pour des informations détaillées.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Il a été démontré qu'il est possible d'améliorer la productivité des sols pauvres en y appliquant des quantités égales de compost et de terre végétale. Le produit sortant d'un bac de Fossa Alterna devrait suffire pour deux lits de 1,5 m sur 3,5 m.

Adéquation Le compost et l'humus peuvent être utilisés de manière bénéfique pour améliorer la qualité du sol. Ils ajoutent des nutriments et des matières organiques et améliorent la capacité du sol à emmagasiner l'air et l'eau. Il est possible de les mélanger avec le sol avant la plantation de cultures, de les utiliser pour démarrer des semis ou des plantes d'intérieur, ou simplement de les mélanger avec un tas de compost existant pour un traitement complémentaire.

Les potagers utilisant de l'humus provenant de Fossa Alterna présentent des améliorations nettes par rapport à des potagers plantés sans amendement de sol. L'utilisation de l'humus a même permis de pratiquer l'agriculture dans des zones qui, sinon, n'étaient pas favorables à l'agriculture.

Aspects sanitaires/acceptation Il y a un faible risque de transmission d'agents pathogènes, mais, en cas de doute, tout matériau retiré de la fosse ou du bac peut être soumis à un compostage complémentaire dans un tas de compost classique avant d'être utilisé ou mélangé avec du sol traditionnel et d'être placé dans un «trou de plantation d'arbre», c'est-à-dire une fosse remplie de nutriments qui est utilisée pour planter un arbre. Le compost et l'humus ne doivent pas être appliqués sur des cultures moins d'un mois avant leur récolte. La période d'attente est particulièrement importante pour des cultures consommées crues.

Contrairement aux boues, qui peuvent provenir d'une variété de sources domestiques, chimiques et industrielles, le compost et l'humus apportent très peu de substances chimiques. Les seules sources chimiques susceptibles de contaminer le compost ou l'humus pourraient provenir de matières organiques contaminées (par exemple, des pesticides) ou de substances chimiques excrétées par les personnes (par exemple, des résidus de produits pharmaceutiques). Par rapport aux substances chimiques qui pourraient s'introduire dans les boues d'eaux usées, on peut considérer que le compost et l'humus sont moins contaminés.

Le compost et l'humus sont des produits inoffensifs semblables à de la terre. Quoi qu'il en soit, il est possible que certains s'abstiennent de les manipuler et de les utiliser. La conduite d'activités de démonstration promouvant une expérience pratique peut être un moyen efficace pour en démontrer la nature inoffensive et les avantages de leur utilisation.

Exploitation Il faut laisser les matériaux arriver à maturité avant de les retirer du système. Ensuite, on peut les utiliser sans traitement complémentaire. Les travailleurs doivent porter des vêtements de protection appropriés.

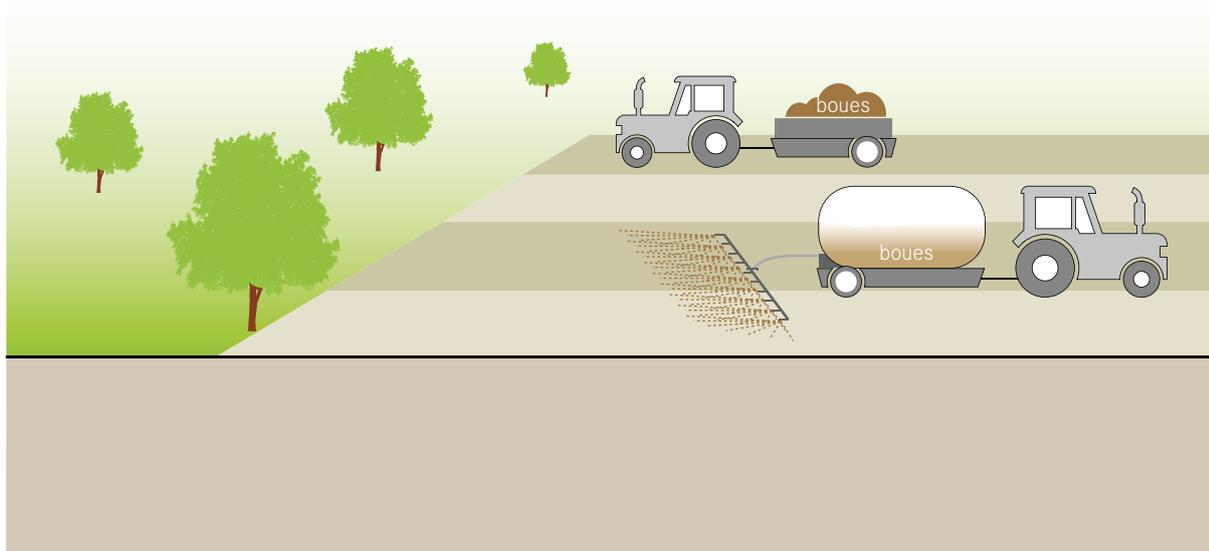
Avantages et inconvénients

- + Peut améliorer la structure et la capacité de rétention d'eau du sol et réduire l'utilisation d'engrais chimiques
- + Peut promouvoir la génération de revenus (amélioration des récoltes et de la productivité des plantes)
- + Faible risque de transmission d'agents pathogènes
- + Coûts faibles
- Peut nécessiter un an ou plus de maturation
- L'acceptation sociale peut être faible dans certaines régions

Références et lectures supplémentaires

- Del Porto, D. and Steinfeld, C. (1999). *The Composting Toilet System Book. A Practical Guide to Choosing, Planning and Maintaining Composting Toilet Systems, an Alternative to Sewer and Septic Systems*. The Center for Ecological Pollution Prevention (CEPP), Concord, MA, US.
- Jenkins, J. (2005). *The Humanure Handbook. A Guide to Composting Human Manure*. 3rd Ed. Jenkins Publishing, Grove Ville, PA, US.
- Morgan, P. R. (2004). *An Ecological Approach to Sanitation in Africa. A Compilation of Experiences*. Aquamor, Harare, ZW. Disponible à : www.ecosanres.org
- Morgan, P. R. (2007). *Toilets That Make Compost. Low-Cost, Sanitary Toilets That Produce Valuable Compost for Crops in an African Context*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. pp. 81-90. Disponible à : www.ecosanres.org
- Morgan, P. R. (2009). *Ecological Toilets. Start Simple and Upgrade from Arborloo to VIP*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Disponible à : www.ecosanres.org
- NWP (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of Innovative, Low-Cost Technologies for Toilets, Collection, Transportation, Treatment and Use of Sanitation Products*. Netherlands Water Partnership, The Hague, NL. Disponible à : www.ircwash.org
- Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation*. IWA Publishing, London, UK. Disponible à : www.sandec.ch/fsm_book (Ouvrage détaillé compilant l'état actuel des connaissances sur tous les aspects liés à la gestion des boues de vidange)
- WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture*. World Health Organization, Geneva, CH. Disponible à : www.who.int

Niveau d'application <input type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input checked="" type="checkbox"/> Ville	Niveau de gestion <input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	Produits entrants :  Boues
		Produits sortants :  Biomasse



Selon le type et la qualité du traitement, on peut appliquer des boues digérées ou stabilisées sur des terres publiques ou privées pour l'aménagement paysager ou l'agriculture.

Les boues qui ont été traitées (par exemple, par co-compostage ou retirées d'un lit de séchage planté, etc.) peuvent être utilisées dans l'agriculture, le jardinage domestique, la foresterie, la culture de gazon, l'aménagement paysager, les parcs, les terrains de golf ou la restauration minière, ou encore pour recouvrir des décharges ou limiter l'érosion. Bien que les boues présentent des niveaux de nutriments plus faibles que les engrais commerciaux (respectivement en azote, phosphore et potassium), elles peuvent satisfaire à une part importante des besoins en nutriments. En outre, il a été démontré que les boues traitées possèdent des propriétés supérieures à celles des engrais, par exemple leurs propriétés gonflantes et de rétention d'eau, et qu'elles permettent une libération lente et régulière des nutriments.

Éléments à prendre en compte pour la conception Les matières solides sont réparties sur la surface du sol à l'aide d'épandeurs de fumier conventionnels, de camions-citernes ou de véhicules spécialement conçus. Il est possible d'épandre en aspersion les boues liquides (par

exemple, provenant de réacteurs anaérobies) sur le sol ou de les y injecter.

Les taux d'application et l'utilisation des boues doivent prendre en compte la présence d'agents pathogènes et de contaminants, et la quantité de nutriments, afin de permettre un usage durable et agronomique.

Adéquation Bien que les boues soient parfois critiquées pour les niveaux potentiellement élevés de métaux ou de contaminants qu'elles contiennent, les engrais commerciaux sont également contaminés à divers degrés, très probablement avec du cadmium ou d'autres métaux lourds. Comme les boues de vidange provenant de latrines à fosse ne contiennent probablement pas de substances chimiques, elles ne représentent pas une source de risque élevé de contamination par les métaux lourds. Les boues provenant de stations de traitement des eaux usées de grande envergure ont plus de risques d'être contaminées, puisqu'on y introduit des substances chimiques industrielles et domestiques, ainsi que via le ruissellement d'eau de surface qui peut contenir des hydrocarbures et des métaux. Selon leur origine, les boues peuvent constituer une base de nutriments de valeur et souvent très utile. L'épandage de boues sur les terres peut être moins onéreux que leur stockage en décharge.

Aspects sanitaires/acceptation L'obstacle le plus important dans la valorisation des boues est, en général, leur acceptation. Toutefois, même lorsque les boues ne sont pas acceptées par les agriculteurs ou les industries locales, on peut encore les utiliser pour des projets municipaux et elles peuvent effectivement offrir d'importantes économies (par exemple, restauration minière).

Selon l'origine des boues et leur processus de traitement, on peut les traiter à un niveau où elles sont généralement sûres et ne génèrent plus de problèmes d'odeurs importantes ou de vecteurs. Il est important de suivre les réglementations appropriées en matière de sécurité et d'épandage. Il faut consulter les recommandations de l'OMS pour des informations détaillées sur l'utilisation des excréta dans l'agriculture.

Exploitation Les équipements d'application doivent être entretenus pour assurer une utilisation continue. La quantité et le taux d'épandage des boues doivent être surveillés pour éviter une surcharge et donc le risque de pollution par les nutriments. Les ouvriers doivent porter des vêtements de protection appropriés.

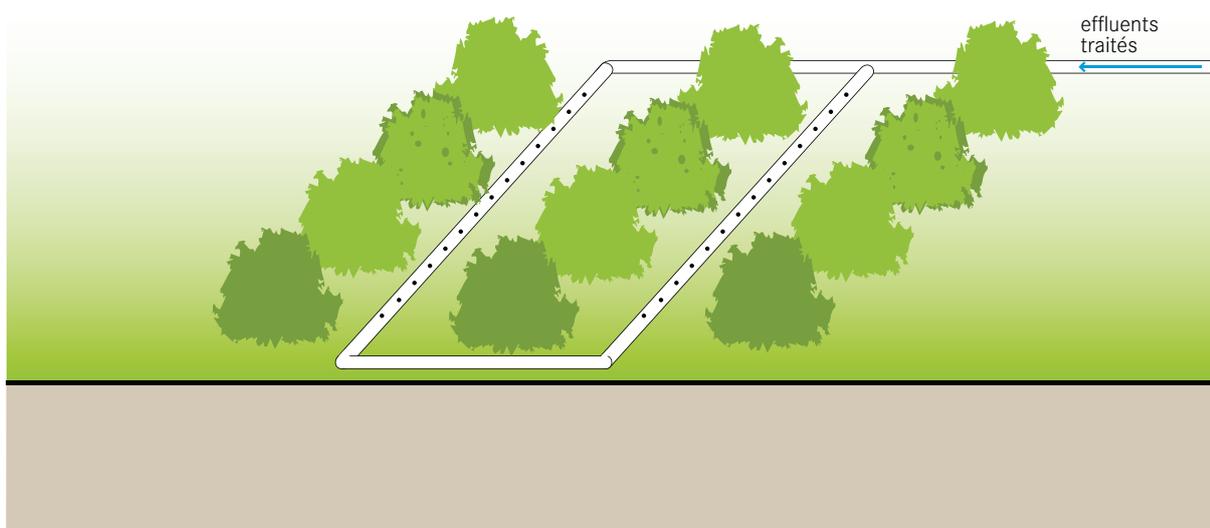
Avantages et inconvénients

- + Peuvent réduire l'utilisation d'engrais chimiques et améliorer la capacité de rétention d'eau du sol
- + Peuvent accélérer le reboisement
- + Peuvent réduire l'érosion
- + Coûts faibles
- Les odeurs peuvent être perceptibles, selon le traitement préalable
- Peuvent nécessiter des équipements d'application spécifiques
- Peuvent poser des risques pour la santé publique selon leur qualité et leur application
- Des micropolluants peuvent s'accumuler dans le sol et contaminer l'eau souterraine
- L'acceptation sociale peut être faible dans certaines régions

Références et lectures supplémentaires

- Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation*. IWA Publishing, London, UK. Disponible à : www.sandec.ch (Ouvrage détaillé compilant l'état actuel des connaissances sur tous les aspects liés à la gestion des boues de vidange)
- U.S. EPA (1999). *Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States*. EPA-530/R-99-009. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US. Disponible à : www.epa.gov
- U.S. EPA (1994). *A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule*. EPA832-R-93-003. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US. Disponible à : www.epa.gov
- WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture*. World Health Organization, Geneva, CH. Disponible à : www.who.int

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
★★ Ménages ★★ Voisinage ★★ Ville	★★ Ménages ★★ Partagé ★★ Public	Effluents (bleu clair) Eaux pluviales (bleu foncé) (+ Urine stockée (orange))
		Produits sortants :
		Biomasse (vert foncé)



Pour réduire la dépendance à l'égard de l'eau douce et maintenir une source d'eau constante pour l'irrigation tout au long de l'année, on peut utiliser des eaux usées de qualité variée dans l'agriculture. Toutefois, seule l'eau ayant été soumise à un traitement secondaire (c'est-à-dire un traitement physique et biologique) doit être utilisée pour limiter les risques de contamination des cultures et pour la santé des travailleurs.

Deux types de technologies d'irrigation sont appropriés pour les eaux usées traitées :

- 1) l'irrigation au goutte-à-goutte au-dessus ou en dessous du sol, par laquelle l'eau goutte lentement sur la zone des racines ou à proximité ; et
- 2) l'irrigation d'eau en surface, où l'eau est acheminée sur le sol dans une série de canaux creusés ou de sillons.

Afin de minimiser l'évaporation et les contacts avec les agents pathogènes, il faut éviter d'employer une irrigation par aspersion.

Des eaux usées correctement traitées peuvent considérablement réduire la dépendance à l'égard de l'eau douce et/ou améliorer les récoltes en fournissant plus d'eau et de nutriments aux plantes. Il faut être prudent lors de l'utilisation d'eaux usées brutes ou d'eaux noires non traitées, et même avec des eaux bien traitées. L'utilisation prolongée d'une eau mal traitée peut entraîner des dommages à long terme sur la structure du sol et compromettre sa capacité à retenir l'eau.

Éléments à prendre en compte pour la conception

Le taux d'application doit être approprié pour le sol, les cultures et le climat, sans quoi il pourrait générer des dommages. Pour augmenter la valeur en nutriments, on peut administrer l'urine dans l'eau d'irrigation ; c'est ce qu'on appelle une « irrigation fertilisante » (c'est-à-dire fertilisation + irrigation). Le taux de dilution doit être adapté aux besoins particuliers et à la résistance des cultures. Dans des systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte, il faut veiller à s'assurer d'une charge (c'est-à-dire pression) et d'un entretien suffisants pour réduire les risques d'obstruction (particulièrement avec l'urine à partir de laquelle la struvite précipite spontanément).

Adéquation En général, l'irrigation au goutte-à-goutte est la méthode d'irrigation la plus appropriée ; elle convient particulièrement pour des zones arides et sujettes à la sécheresse. L'irrigation en surface implique d'importantes pertes par évaporation, mais elle nécessite peu d'infrastructures voire aucune et peut convenir dans certaines situations.

Les cultures comme le maïs, la luzerne (et d'autres), les fibres (par exemple, le coton), les arbres, le tabac, les arbres fruitiers (par exemple, des manguiers) et les aliments nécessitant une transformation (par exemple, la betterave sucrière) peuvent pousser en toute sécurité avec des effluents traités. Il faut être plus prudent avec des fruits et des légumes qui peuvent être mangés crus (par exemple, les tomates), du fait qu'ils pourraient entrer en contact avec l'eau.

Les cultures comme les eucalyptus, les peupliers, les saules ou les frênes, peuvent pousser en rotation courte et être récoltées pour la production de biocarburant ou combustible. Comme les arbres ne sont pas destinés à l'alimentation, il s'agit d'un moyen sûr et efficace d'utiliser des effluents de qualité inférieure.

La qualité du sol peut se dégrader avec le temps (par exemple du fait de l'accumulation de sels) si l'on applique des eaux usées mal traitées. Malgré les préoccupations en matière de sécurité, une irrigation avec des effluents constitue un moyen efficace de recycler les nutriments et l'eau.

Aspects sanitaires/acceptation Un traitement approprié (c'est-à-dire une réduction adéquate des agents pathogènes) doit précéder tout programme d'irrigation afin de limiter les risques pour la santé de ceux qui entrent en contact avec l'eau. De surcroît, elle peut encore être contaminée avec les différentes substances chimiques qui sont déversées dans le système en fonction du degré de traitement auquel les effluents ont été soumis. Lorsqu'on utilise les effluents pour l'irrigation, les habitations et les industries qui sont raccordées au système doivent être informées des produits dont le déversement dans le système est approprié et inapproprié. L'irrigation au goutte-à-goutte est le seul type d'irrigation à utiliser avec des cultures potagères et, même dans ce cas, il faut veiller à empêcher les ouvriers et les cultures récoltées d'entrer en contact avec les effluents traités. Consulter les recommandations de l'OMS pour des informations détaillées et une orientation spécifique sur l'utilisation des eaux usées dans l'agriculture.

Exploitation Les systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte doivent être régulièrement nettoyés pour éviter le développement d'un biofilm et des obstructions dues aux matières solides, quelles qu'elles soient. Il faut contrôler que les conduites ne présentent aucune fuite, car elles sont sujettes aux dommages causés par les rongeurs et les personnes. L'irrigation au goutte-à-goutte est plus coûteuse que l'irrigation conventionnelle, mais elle offre une amélioration des récoltes et une réduction des coûts en eau et d'exploitation. Les ouvriers doivent porter des vêtements de protection appropriés.

Avantages et inconvénients

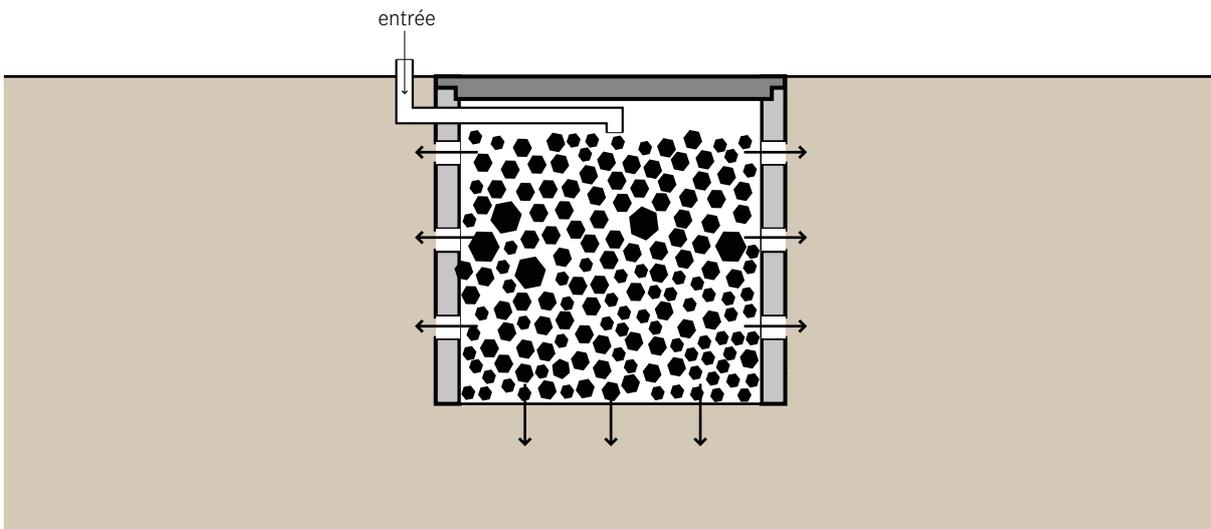
- + Réduit l'épuisement de l'eau souterraine et améliore la disponibilité de l'eau potable
- + Réduit le besoin en engrais
- + Possibilités de création d'emplois locaux et de génération de revenus

- + Faible risque de transmission d'agents pathogènes si l'eau est correctement traitée
- + Faibles coûts d'investissement et d'exploitation selon la conception
- Peut nécessiter une conception et une installation spécialisées
- Toutes les pièces et tous les matériaux peuvent ne pas être disponibles à l'échelle locale
- L'irrigation au goutte-à-goutte est très sensible aux obstructions, c'est-à-dire que l'eau doit être exempte de matières en suspension
- Risque de salinisation du sol si celui-ci est vulnérable à l'accumulation des sels
- L'acceptation sociale peut être faible dans certaines régions

Références et lectures supplémentaires

- Drechsel, P., Scott, C. A., Raschid-Sally, L., Redwood, M. and Bahri, A. (Eds.) (2010). *Wastewater Irrigation and Health. Assessing and Mitigating Risk in Low-Income Countries*. Earthscan, IDRC and IWMI, London, UK. Disponible à : www.idrc.ca et www.iwmi.cgiar.org
- FAO (2012). *On-Farm Practices for the Safe Use of Wastewater in Urban and Peri-Urban Horticulture. A Training Handbook for Farmer Field Schools*. FAO, Rome, IT. Disponible à : www.fao.org
- Palada, M., Bhattarai, S., Wu, D., Roberts, M., Bhattarai, M., Kimsan, R. and Midmore, D. (2011). *More Crop Per Drop. Using Simple Drip Irrigation Systems for Small-Scale Vegetable Production*. The World Vegetable Center, Shanhua, TW. Disponible à : www.avrdc.org
- Pescod, M. B. (1992). *Wastewater Treatment and Use in Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 47. FAO, Rome, IT. Disponible à : www.fao.org
- WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 2: Wastewater Use in Agriculture*. World Health Organization, Geneva, CH. Disponible à : www.who.int (Présentation des aspects sanitaires de l'utilisation d'eaux usées et de bonnes pratiques d'irrigation à l'Annexe 1)
- Winpenny, J., Heinz, I. and Koo-Oshima, S. (2010). *The Wealth of Waste. The Economics of Wastewater Use in Agriculture*. FAO Water Reports 35. FAO, Rome, IT. Disponible à : www.fao.org
- Zandee, M. (2012). *Risk of Clogging of Drip-Line Emitters during Urine Fertilization through Drip Irrigation Equipment*. Eawag, Dübendorf, CH. Disponible à : www.eawag.ch/stun

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
★★ Ménages ★ Voisinage □ Ville	★★ Ménages ★★ Partagé □ Public	Effluents Urine Urine stockée Eau de nettoyage anal Eaux grises



Un puits d'infiltration (également appelé improprement « puisard »), est une fosse couverte aux parois poreuses qui permet à l'eau de s'infiltrer lentement dans le sol. Les effluents préalablement décantés provenant d'une technologie de collecte et stockage/traitement ou de traitement (semi-)centralisé sont déversés dans la fosse souterraine, d'où ils s'infiltrent dans le sol environnant.

Lorsque les eaux usées (eaux grises ou eaux noires après un traitement primaire) s'infiltrent dans le sol depuis le puits d'infiltration, la matrice du sol filtre les petites particules et les microorganismes digèrent les matières organiques. Ainsi, les puits d'infiltration sont plus adaptés pour un sol possédant de bonnes propriétés d'absorption ; l'argile ou un sol très compacté ou rocheux ne sont pas appropriés.

Éléments à prendre en compte pour la conception Le puits d'infiltration doit faire 1,5 à 4 m de profondeur, mais en règle générale, jamais moins de 2 m au-dessus du niveau de la nappe phréatique. Il faut le positionner à une distance sûre de toute source d'eau potable (dans l'idéal, à plus de 30 m). Le puits d'infiltration doit être maintenu à l'écart des zones à forte circulation pour éviter de compacter le sol au-dessus et autour du puits. On peut le laisser vide et le revêtir d'un matériau poreux pour

permettre un renforcement et empêcher un effondrement, ou le laisser non revêtu et rempli de larges pierres et de gravier.

Les pierres et le gravier empêchent les parois de s'effondrer, tout en laissant un espace adéquat pour les eaux usées. Dans les deux cas, une couche de sable et de gravier fin doit être étalée sur toute la base pour aider à disperser l'écoulement. Pour permettre les futurs accès, un tampon (de préférence en béton) amovible doit être utilisé pour sceller le puits jusqu'à ce qu'il nécessite un entretien.

Adéquation Un puits d'infiltration ne fournit pas un traitement adéquat pour des eaux usées brutes, et le puits se colmaterait rapidement. Il faut l'utiliser pour déverser des eaux noires ou des eaux grises préalablement décantées. Les puits d'infiltration conviennent dans des implantations rurales et périurbaines. Ils nécessitent un sol possédant des capacités d'absorption suffisantes. Ils ne sont pas adaptés pour des zones inondables ou dans lesquelles le niveau des nappes phréatiques est élevé.

Aspects sanitaires/acceptation Du moment que le puits d'infiltration n'est pas utilisé pour des eaux usées brutes et que la technologie amont de collecte et stockage/traitement fonctionne bien, les dangers pour la santé sont

minimes. Comme la technologie est positionnée sous terre, les personnes et les animaux ne devraient avoir aucun contact avec les effluents.

Le puits d'infiltration étant inodore et invisible, il devrait être accepté, même par les communautés les plus sensibles.

Exploitation Un puits d'infiltration bien dimensionné ne devrait nécessiter aucun entretien pendant 3 à 5 ans. Pour prolonger la durée de vie d'un puits d'infiltration, il faut veiller à s'assurer que les effluents ont été décantés et/ou filtrés pour empêcher une accumulation excessive de matières solides. Les particules et la biomasse finissent par colmater le puits et il faut les nettoyer ou les retirer. Lorsque les performances du puits d'infiltration se détériorent, le matériau constitutif du puits peut être enlevé et remplacé.

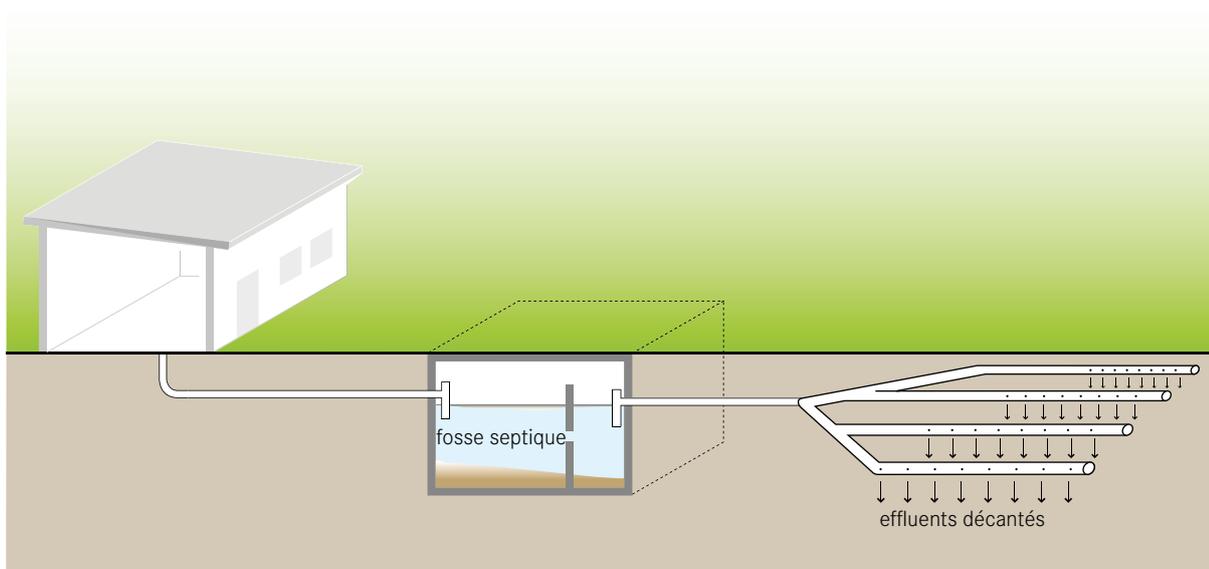
Avantages et inconvénients

- + Peut être construit et réparé avec des matériaux locaux
- + Technique simple à appliquer pour tous les utilisateurs
- + Petite surface de terrain requise
- + Faibles coûts d'investissement et d'exploitation
- Un traitement primaire est requis pour empêcher une obstruction
- Peut avoir un impact néfaste sur les propriétés du sol et de l'eau souterraine

Références et lectures supplémentaires

- _ Ahrens, B. (2005). *A Comparison of Wash Area and Soak Pit Construction: The Changing Nature of Urban, Rural, and Peri-Urban Linkages in Sikasso, Mali*. Peace Corps, US. Disponible à : www.mtu.edu/peacecorps/programs/civil/theses
(Instructions de construction détaillées)
- _ Mara, D. D. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, UK. pp. 63-65.
(Calculs des dimensions)
- _ Oxfam (2008). *Septic Tank Guidelines*. Technical Brief. Oxfam GB, Oxford, UK. p. 4.
Disponible à : policy-practice.oxfam.org.uk
- _ Polprasert, C. and Rajput, V. S. (1982). *Environmental Sanitation Reviews. Septic Tank and Septic Systems*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, TH. pp. 31-58.

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Effluents
<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input type="checkbox"/> Ville	<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	



Un lit d'infiltration ou terre d'infiltration est un réseau de canalisations perforées qui sont posées dans des tranchées souterraines remplies de gravier afin de disperser les effluents provenant d'une technologie de collecte et stockage/traitement avec eau ou de traitement (semi-)centralisée.

Les effluents préalablement décantés sont introduits dans un système de conduites (regard de répartition et plusieurs canaux parallèles) qui répartit l'écoulement dans l'horizon supérieur du sol, pour être absorbé puis traité. Un système de chasse ou de distribution sous pression peut être installé afin de s'assurer d'utiliser toute la longueur du lit d'infiltration et de prévoir un temps de récupération des conditions aérobies entre les alimentations. Un tel système d'alimentation libère les effluents sous pression dans le lit d'infiltration de manière séquentielle (généralement 3 à 4 fois par jour).

Éléments à prendre en compte pour la conception Chaque tranchée mesure 0,3 à 1,5 m de profondeur et 0,3 à 1 m de largeur. On remplit le fond de chaque tranchée d'environ 15 cm de pierres propres et on pose une canalisation de distribution perforée par-dessus. Des pierres sont ajoutées pour recouvrir la canalisation. Une couche de géotextile est placée sur la couche de pierres pour empêcher

les petites particules d'obstruer la conduite. Une dernière couche de sable et/ou de sol végétal recouvre le tissu et remplit la tranchée jusqu'au niveau du sol.

La conduite doit être positionnée à au moins 15 cm sous la surface pour empêcher les effluents de remonter à la surface. Les tranchées doivent être creusées sur une longueur maximale de 20 m et à au moins 1 à 2 m d'espacement. Pour empêcher une contamination, il faut positionner un lit d'infiltration à au moins 30 m de toute source d'eau potable. Un lit d'infiltration doit être aménagé de sorte qu'il ne perturbe pas un raccordement futur à un égout. La technologie de collecte qui précède le lit d'infiltration (par exemple, fosse septique, S.9) doit être équipée d'une boîte de branchement pour que, si ou quand il est temps de remplacer le lit d'infiltration, le changement puisse être effectué avec un minimum de perturbations.

Adéquation Les lits d'infiltration nécessitent une grande surface et un sol non saturé avec de bonnes capacités d'absorption pour disperser efficacement les effluents. Du fait de la sursaturation potentielle du sol, les lits d'infiltration ne conviennent pas dans des zones urbaines denses. On peut les utiliser à pratiquement n'importe quelle température, bien qu'il puisse y avoir des problèmes d'accumulation des effluents dans les zones où le sol gèle.

Les propriétaires qui disposent d'un lit d'infiltration doivent en connaître le fonctionnement et les responsabilités en matière d'entretien. Les arbres et les plantes aux racines profondes doivent être maintenus à l'écart du lit d'infiltration, car ils pourraient fissurer et perturber la structure du lit.

Aspects sanitaires/acceptation Comme la technologie est souterraine et nécessite peu d'attention, les utilisateurs sont rarement en contact avec les effluents et il n'y a donc aucun risque sanitaire. Le lit d'infiltration doit être maintenu aussi loin que possible (à au moins 30 m) de toute source potentielle d'eau potable pour éviter une contamination.

Exploitation Un lit d'infiltration se colmate progressivement, bien que ce processus puisse s'étaler sur 20 ans ou plus si une technologie de traitement primaire bien entretenue et efficace est en place. En effet, un lit d'infiltration doit demander un entretien minime ; toutefois, si le système ne fonctionne plus efficacement, les conduites doivent être nettoyées et/ou retirées et remplacées. Pour entretenir le lit d'infiltration, aucune plante ni aucun arbre ne doivent y pousser. Il ne doit pas non plus y avoir une forte circulation au-dessus, car cela pourrait écraser les conduites ou tasser le sol.

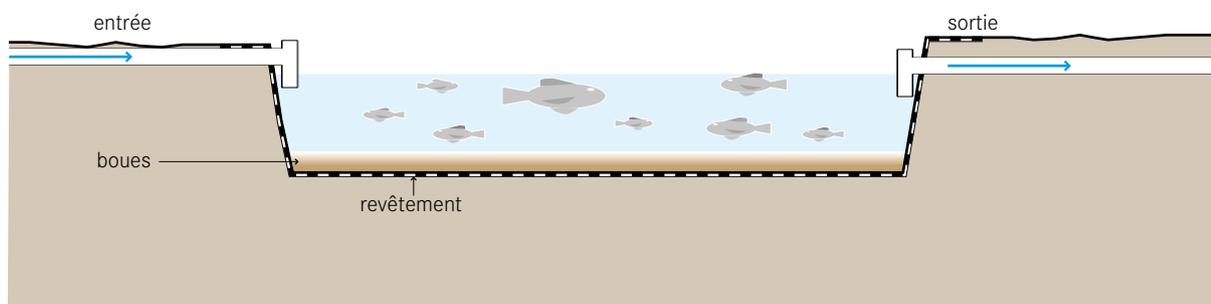
Avantages et inconvénients

- + Peut être utilisé pour combiner traitement et évacuation des effluents
- + Longue durée de vie (selon les conditions)
- + Exigences d'entretien faibles si le système est exploité sans équipement mécanique
- + Coûts d'investissement relativement faibles ; faible coût d'exploitation
- Requiert une conception et une construction spécialisées
- Toutes les pièces et tous les matériaux peuvent ne pas être disponibles à l'échelle locale
- Exige une large superficie
- Un traitement primaire est requis pour éviter le colmatage
- Peut avoir un impact néfaste sur les propriétés du sol et de l'eau souterraine

Références et lectures supplémentaires

- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US. pp. 905-927.
- Morel, A. and Diener, S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH. Disponible à : www.sandec.ch
- Polprasert, C. and Rajput, V. S. (1982). *Environmental Sanitation Reviews: Septic Tank and Septic Systems*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, TH.
- U.S. EPA (1980). *Design Manual. Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems*. EPA 625/1-80-012. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, US. Disponible à : www.epa.gov

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Effluents
<input type="checkbox"/> Ménages	<input type="checkbox"/> Ménages	Produits sortants :  Biomasse
<input checked="" type="checkbox"/> Voisinage	<input checked="" type="checkbox"/> Partagé	
<input checked="" type="checkbox"/> Ville	<input checked="" type="checkbox"/> Public	



On peut élever des poissons dans des bassins recevant des effluents ou des boues, où les poissons peuvent se nourrir d'algues et d'autres organismes qui se développent dans l'eau riche en nutriments. Les poissons éliminent ainsi les nutriments des eaux usées et ils sont par la suite capturés pour être consommés.

Il existe trois types de conceptions d'aquaculture pour faire croître les poissons :

- 1) fertilisation des bassins piscicoles avec les effluents;
- 2) fertilisation des bassins piscicoles avec les excréments / boues; et
- 3) les poissons sont élevés directement dans des bassins aérobies (T.5 ou T.6).

Les poissons introduits dans des bassins aérobies peuvent effectivement réduire les algues et aider à contrôler la population de moustiques. Il est également possible de combiner les poissons et les macrophytes (D.10) dans un seul bassin. Les poissons eux-mêmes n'améliorent pas considérablement la qualité de l'eau, mais compte tenu de leur valeur économique, ils peuvent compenser les coûts d'exploitation d'une installation de traitement. Dans des conditions d'exploitation idéales, on peut élever jusqu'à 10 000 kg/ha de poissons. Si les poissons ne sont pas acceptables pour la consommation humaine, ils peuvent représenter une source de protéine de valeur pour d'autres

carnivores à haute valeur (comme les crevettes) ou être convertis en farine de poisson pour les porcs et les poulets.

Éléments à prendre en compte pour la conception La conception doit s'appuyer sur la quantité de nutriments à éliminer, les nutriments requis pour satisfaire aux besoins des poissons et la qualité de l'eau pour assurer des conditions de vie saines (par exemple, faibles niveaux d'ammonium, température requise pour l'eau, etc.). Lorsqu'on introduit des nutriments sous forme d'effluents ou de boues, il est important de limiter les ajouts afin de maintenir des conditions aérobies. La DBO ne doit pas dépasser 1 g/m²/j et la concentration en oxygène doit être d'au moins 4 mg/l.

Seuls des poissons tolérant de faibles niveaux d'oxygène dissous doivent être sélectionnés. Ils ne doivent pas être carnivores et doivent tolérer les maladies et des conditions environnementales difficiles. Différentes variétés de carpes et de tilapias ont été utilisées avec succès, mais le choix dépend des préférences locales et de l'adéquation de l'espèce aux conditions.

Adéquation Un bassin piscicole n'est adapté que s'il y a un espace suffisant (ou un bassin préexistant), une source d'eau douce et un climat adapté. L'eau utilisée pour diluer les déchets ne doit pas être trop chaude et l'ammonium

doit être maintenu à un niveau minime ou négligeable en raison de sa toxicité pour les poissons.

Cette technologie convient dans des climats chauds ou tropicaux sans gel et de préférence avec des précipitations importantes et une évaporation minime.

Aspects sanitaires/acceptation S'il n'existe aucune autre source de protéines à disposition, cette technologie peut remporter l'adhésion. La qualité et l'état des poissons influencent également l'acceptation locale. Il peut y avoir des préoccupations concernant la contamination des poissons, particulièrement lorsqu'ils sont capturés, nettoyés et préparés. S'ils sont bien cuits, ils ne devraient présenter aucun danger, mais il est conseillé de transférer les poissons dans un bassin d'eau claire pendant plusieurs semaines avant de les capturer pour les consommer. Il faut consulter les recommandations de l'OMS pour des informations détaillées et des questions spécifiques sur l'utilisation des eaux usées et des excréta dans l'aquaculture.

Exploitation Les poissons doivent être capturés lorsqu'ils atteignent un âge/une taille approprié. Parfois après la capture, le bassin doit être vidangé afin de pouvoir (a) le soumettre à un soutirage des boues et (b) le sécher au soleil pendant 1 à 2 semaines pour détruire tous les agents pathogènes qui vivent au fond ou sur les bords du bassin. Les travailleurs doivent porter des vêtements de protection appropriés.

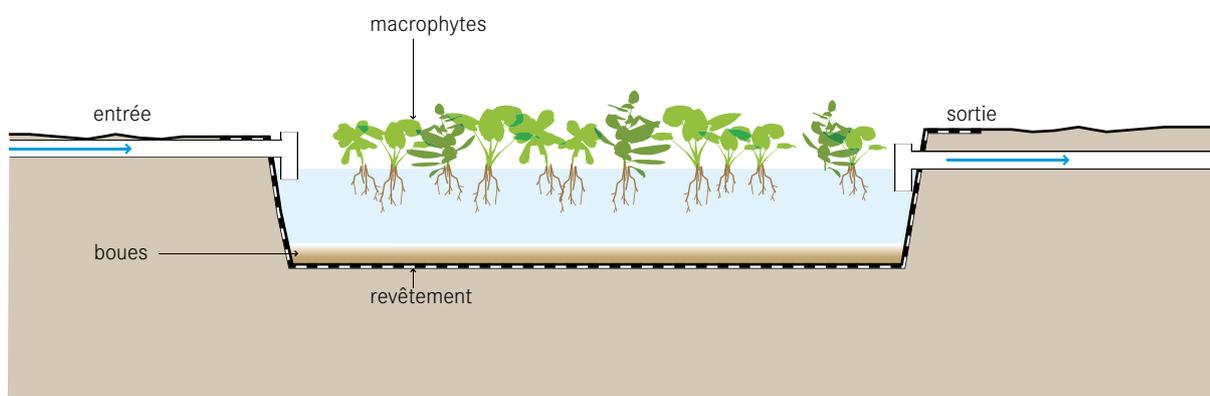
Avantages et inconvénients

- + Peut fournir une source peu coûteuse de protéines disponibles localement
- + Possibilités de création d'emplois locaux et de génération de revenus
- + Coûts d'investissement relativement faibles ; les coûts d'exploitation devraient être compensés par les revenus issus de la production
- + Peut être construit et entretenu avec des matériaux locaux
- Nécessite beaucoup d'eau douce
- Exige une superficie de terrain (bassin) étendue
- Requiert une conception et une installation spécialisées
- Les poissons risquent de poser un risque sanitaire s'ils sont mal préparés ou mal cuisinés
- L'acceptation sociale peut être faible dans certaines régions

Références et lectures supplémentaires

- _ Cross, P. and Strauss, M. (1985). *Health Aspects of Nightsoil and Boues Use in Agriculture and Aquaculture*. International Reference Centre for Waste Disposal, Dübendorf, CH.
- _ Edwards, P. and Pullin, R. S. V. (Eds.) (1990). *Wastewater-Fed Aquaculture*. Proceedings: International Seminar on Wastewater Reclamation and Reuse for Aquaculture, Calcutta, IN.
(Compilation de documents thématiques)
- _ Iqbal, S. (1999). *Duckweed Aquaculture. Potentials, Possibilities and Limitations for Combined Wastewater Treatment and Animal Feed Production in Developing Countries*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Disponible à : www.sandec.ch
- _ Johnson Cointreau, S. (1987). *Aquaculture with Treated Wastewater: A Status Report on Studies Conducted in Lima, Peru*. Technical Note No. 3, Integrated Resource Recovery Project. The World Bank, Washington, D.C., US. 1987.
Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home
- _ Joint FAO/NACA/WHO Study Group (1999). *Food Safety Issues Associated with Products from Aquaculture*. WHO Technical Report Series 883. World Health Organization, Geneva, CH.
Disponible à : www.who.int
- _ Mara, D. D. (2003). *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. Earthscan, London, UK. pp. 253-261.
- _ Rose, G. D. (1999). *Community-Based Technologies for Domestic Wastewater Treatment and Reuse: Options for Urban Agriculture*. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, CA.
Disponible à : www.sswm.info/library
- _ WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 3: Wastewater and Excreta Use in Aquaculture*. World Health Organization, Geneva, CH.
Disponible à : www.who.int

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Effluents
 Ménages	 Ménages	Produits sortants :  Biomasse
 Voisinage	 Partagé	
 Ville	 Public	



Un lagunage à macrophytes est un bassin de maturation modifié avec des macrophytes. Des plantes comme les jacinthes d'eau ou les lentilles d'eau flottent sur la surface, et leurs racines pendent verticalement dans l'eau pour prélever des nutriments et filtrer l'eau qui transite.

Les jacinthes d'eau sont des macrophytes aquatiques d'eau douce pérennes qui poussent particulièrement rapidement dans les eaux usées. Les plantes peuvent devenir très grandes : de 0,5 à 1,2 m de haut en bas. Les longues racines fournissent un milieu fixe pour les bactéries, qui dégradent ensuite les matières organiques en déplacement dans l'eau.

Les lentilles d'eau sont des plantes à croissance rapide riches en protéines que l'on peut utiliser fraîches ou séchées comme nourriture pour les poissons ou la volaille. Elles tolèrent une variété de conditions et peuvent éliminer une quantité considérable de nutriments provenant des eaux usées.

Éléments à prendre en compte pour la conception Il est possible de sélectionner des plantes adaptées au milieu local selon leur disponibilité et les caractéristiques des eaux usées.

Afin de fournir davantage d'oxygène dans le cadre d'une

technologie utilisant des macrophytes, on peut procéder à une aération mécanique de l'eau, mais cela implique des coûts en électricité et en machines supplémentaires. Le lagunage aéré peut soutenir des charges plus importantes et être construit avec une emprise moindre.

Les lagunes non aérées ne doivent pas être trop profondes, sans quoi le contact entre les racines qui servent d'habitat aux bactéries et les eaux usées serait insuffisant.

Adéquation Un bassin de macrophytes n'est adapté que s'il y a suffisamment d'espace (ou un bassin préexistant). Il convient dans des climats chauds ou tropicaux sans gel et de préférence avec des précipitations importantes et une évaporation minimale. La technologie peut offrir des rendements élevés d'élimination de la DBO et des matières en suspension, bien que l'élimination des agents pathogènes ne soit pas significative.

Les jacinthes récoltées peuvent servir de source de fibre pour des cordes, des textiles, des paniers, etc. Selon les revenus générés, la technologie peut n'entraîner aucun coût. Les lentilles d'eau peuvent servir de source d'aliment unique pour certains poissons herbivores.

Aspects sanitaires/acceptation La jacinthe d'eau a des fleurs couleur lavande attrayantes. Un système bien conçu et bien entretenu peut ajouter de la valeur et un intérêt à un site.

Des panneaux et une clôture adéquats doivent être utilisés pour empêcher les personnes et les animaux d'entrer en contact avec l'eau.

Les travailleurs doivent porter des vêtements de protection appropriés. Il faut consulter les recommandations de l'OMS pour des informations détaillées et des questions spécifiques sur l'utilisation des eaux usées et des excréta dans l'aquaculture.

Exploitation Les macrophytes nécessitent une récolte en continu. La biomasse récoltée peut être utilisée pour de petites entreprises artisanales ou être compostée. Des problèmes de moustiques risquent de survenir lorsque les plantes ne sont pas régulièrement récoltées. Selon la quantité de matières solides qui pénètrent dans le bassin, il faut procéder à un soutirage régulier des boues. Du personnel formé est requis pour exploiter et entretenir constamment le bassin.

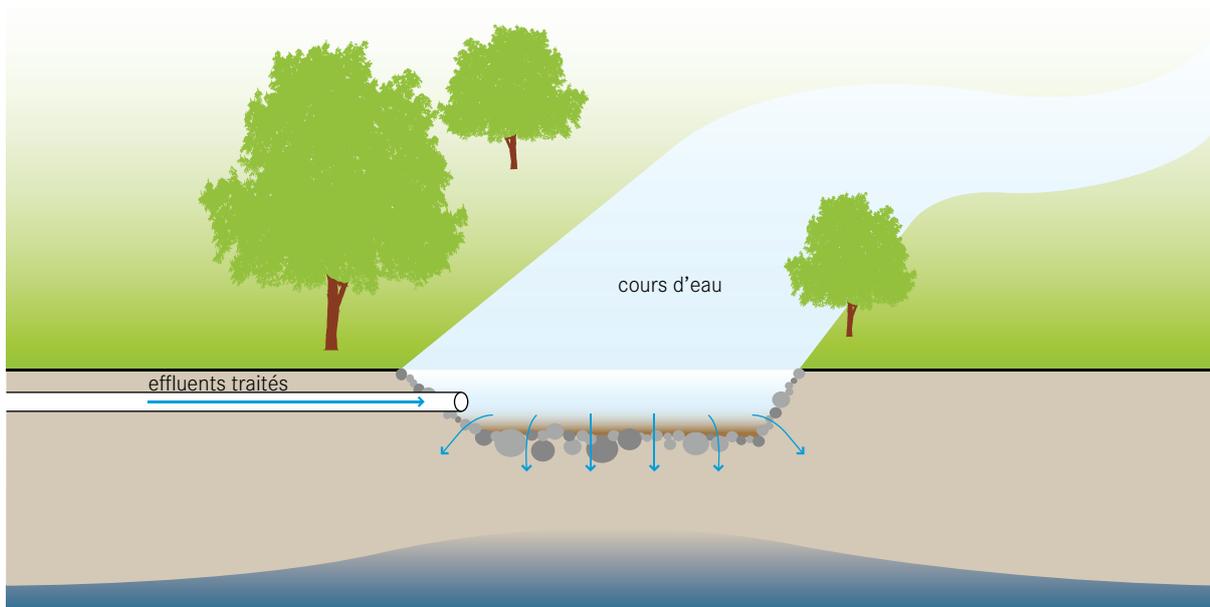
Avantages et inconvénients

- + La jacinthe d'eau pousse rapidement et est esthétique
- + Possibilités de création d'emplois locaux et de génération de revenus
- + Coûts d'investissement relativement faibles ; les coûts d'exploitation peuvent être compensés par les revenus
- + Réduction significative de la DBO et des matières solides ; élimination faible des agents pathogènes
- + Peut être construit et entretenu avec des matériaux locaux
- Exige une superficie de terrain (bassin) étendue
- Certaines plantes peuvent devenir envahissantes si elles sont introduites dans des environnements naturels

Références et lectures supplémentaires

- Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US. pp. 609-627.
(Chapitre récapitulatif complet, y compris des solutions aux problèmes)
- Iqbal, S. (1999). *Duckweed Aquaculture. Potentials, Possibilities and Limitations for Combined Wastewater Treatment and Animal Feed Production in Developing Countries*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Disponible à : www.sandec.ch
- McDonald, R. D. and Wolverton, B. C. (1980). *Comparative Study of Wastewater Lagoon with and without Water Hyacinth*. *Economic Botany* 34 (2): 101-110.
- Reddy, K. R. and Smith, W. H. (Eds.) (1987). *Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery*. Magnolia Publishing Inc., Orlando, FL, US.
- Skillicorn, P., Spira, W. and Journey, W. (1993). *Duckweed Aquaculture. A New Aquatic Farming System for Developing Countries*. The World Bank, Washington, D.C., US.
Disponible à : documents.worldbank.org/curated/en/home (Manuel complet)
- U.S. EPA (1988). *Design Manual. Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Water Treatment*. EPA/625/1-88/022. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, US.
Disponible à : www.epa.gov
- WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 3: Wastewater and Excreta Use in Aquaculture*. World Health Organization, Geneva, CH.
Disponible à : www.who.int

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
★★ Ménages ★★ Voisinage ★★ Ville	★★ Ménages ★★ Partagé ★★ Public	Effluents Eaux pluviales



Les effluents traités et/ou les eaux pluviales peuvent être directement déversés dans les eaux superficielles (comme des rivières, des lacs, etc.) ou dans le sol pour recharger les zones aquifères.

L'utilisation des eaux superficielles, que ce soit pour l'industrie, les loisirs, ou en tant que zone de frai influence la qualité et la quantité d'eaux usées traitées que l'on peut introduire sans effets délétères.

Autre solution, on peut déverser l'eau dans les zones aquifères. La solution du rechargement de nappe phréatique devient de plus en plus prisee, car les ressources en eau souterraine s'appauvrissent et l'intrusion d'eau salée devient une menace plus importante pour les communautés côtières. Bien que le sol soit connu pour filtrer une variété de contaminants, le rechargement de nappe phréatique ne doit pas être considéré comme une méthode de traitement. Une fois qu'un aquifère est contaminé, il est pratiquement impossible de le restaurer.

Éléments à prendre en compte pour la conception Il faut s'assurer de ne pas dépasser les capacités d'assimilation du milieu récepteur, c'est-à-dire que le milieu récepteur puisse accepter la quantité de nutriments sans être surchargé. Des paramètres comme la turbidité, la température, les matières solides en suspension, la DBO,

l'azote et le phosphore (entre autres) doivent être soigneusement contrôlés et surveillés avant de déverser de l'eau dans un milieu récepteur. Il faut consulter les autorités locales afin de déterminer les limites de rejet pour les paramètres concernés, car elles varient considérablement. Pour des zones particulièrement sensibles, une technologie de post-traitement (par exemple, chloration, consulter la section POST, p. 136) peut être nécessaire pour satisfaire aux exigences microbiologiques.

La qualité de l'eau extraite d'un aquifère rechargé dépend de la qualité des eaux usées introduites, de la méthode de rechargement, des caractéristiques de l'aquifère, du temps de séjour, du taux de mélange avec les autres eaux, et des antécédents du système. Une analyse attentive de ces facteurs doit précéder tout projet de rechargement.

Adéquation L'adéquation du déversement dans les eaux superficielles ou un e aquifère dépend exclusivement des conditions environnementales locales et des réglementations. En général, le déversement dans un plan d'eau ne convient que lorsqu'il y a une distance de sécurité entre le point de déversement et le point d'utilisation le plus proche. De même, le rechargement de nappe phréatique est mieux adapté dans des zones qui présentent des risques d'intrusion d'eau salée ou dans des zones aquifères qui ont un long temps de rétention.

Selon le volume, le point de déchargement et/ou la qualité de l'eau, un permis peut être requis.

Aspects sanitaires/acceptation De manière générale, les cations (Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+) et la matière organique sont retenus dans une matrice solide, et les autres contaminants (comme les nitrates) restent dans l'eau. Une multitude de modèles permettent de déterminer le potentiel de remédiation des contaminants et des microorganismes, mais il est rarement possible de prévoir la qualité de l'eau en aval ou de l'eau extraite pour l'ensemble des paramètres. Il faut donc identifier clairement les sources d'eau potable et non potable, modéliser les principaux paramètres et mener une évaluation des risques.

Exploitation Une surveillance et un échantillonnage réguliers sont importants pour assurer la conformité aux réglementations et répondre aux exigences en matière de santé publique. Selon la méthode de rechargement, un certain niveau d'entretien mécanique peut être nécessaire.

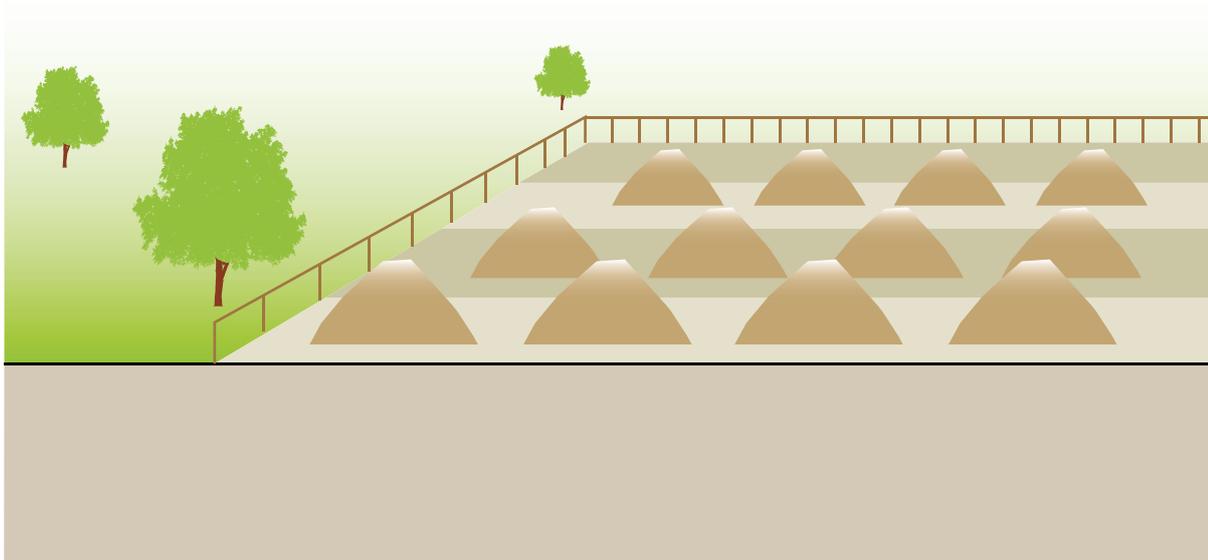
Avantages et inconvénients

- + Peut fournir une alimentation en eau « résistante à la sécheresse » (depuis l'eau souterraine)
- + Peut augmenter la productivité des eaux superficielles en maintenant des niveaux constants
- Le déversement de nutriments et de micropolluants peut affecter les nappes d'eau naturelles et/ou l'eau potable
- L'introduction de polluants peut avoir des impacts à long terme
- Peut avoir un impact néfaste sur les propriétés du sol et de l'eau souterraine

Références et lectures supplémentaires

- ARGOSS (2001). *Guidelines for Assessing the Risk to Groundwater from on-Site Sanitation*. British Geological Survey Commissioned Report, CR/01/142, Keyworth, UK. Disponible à : www.bgs.ac.uk
- Seiler, K. P. and Gat, J. R. (2007). *Groundwater Recharge from Run-off, Infiltration and Percolation*. Springer, Dordrecht, NL.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, Ne York, US.
- WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 3: Wastewater and Excreta Use in Aquaculture*. World Health Organization, Geneva, CH. Disponible à : www.who.int

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :
<input type="checkbox"/> ★ Ménages <input type="checkbox"/> ★ Voisinage <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Ville	<input type="checkbox"/> ★ Ménages <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Partagé <input checked="" type="checkbox"/> ★★ Public	<input type="checkbox"/> Boues <input type="checkbox"/> Humus <input type="checkbox"/> Compost <input type="checkbox"/> Fèces séchées <input type="checkbox"/> Matériaux de nettoyage sec <input type="checkbox"/> Produits de prétraitement



La mise en décharge (ou mise en centre de stockage) désigne le stockage en tas de boues, de fèces et d'autres matériaux que l'on ne peut pas utiliser par ailleurs. Une fois que le matériau a été acheminé jusqu'à un site de stockage ultime, il n'est plus utilisé par la suite. Un stockage provisoire est aussi possible (stockage temporaire en tas). On peut le réaliser lorsqu'il n'y a pas de besoin immédiat pour le matériau et quand une utilisation future est prévue, ou lorsqu'une réduction des agents pathogènes et un séchage complémentaires sont souhaitables avant la valorisation du produit.

Cette technologie est principalement utilisée pour les boues, bien qu'elle puisse s'appliquer pour tout type de matériau sec et inutilisable. L'une des applications de la mise en décharge est l'évacuation de matériaux de nettoyage secs, comme le papier toilette, trognons de maïs, pierres, papier journal et/ou feuilles. Ces matériaux ne peuvent pas toujours être inclus avec d'autres produits aqueux dans certaines technologies et il faut les séparer. Un panier à déchets doit être prévu à côté de l'interface utilisateur pour recueillir les matériaux de nettoyage anal et les matériaux d'hygiène menstruelle. Il est possible de brûler les matériaux secs (par exemple, les trognons de maïs) ou de les éliminer avec les déchets domestiques. Par mesure de simplicité, le reste de cette fiche d'informations

technologiques est consacré aux boues, puisque les pratiques classiques relatives aux déchets solides sortent du champ d'application de ce Compendium.

En l'absence de demande ou d'acceptation concernant la valorisation des boues, on peut les placer dans des sites dédiés (déversements de boues uniquement) ou les entasser en tas permanentes. Le stockage temporaire contribue à une déshydratation complémentaire du produit et à la diminution des agents pathogènes avant l'utilisation du produit.

Éléments à prendre en compte pour la conception L'enfouissement des boues avec des déchets solides municipaux est déconseillé, car cela réduit la durée de vie d'une décharge, qui a été spécifiquement conçue pour le confinement de matériaux plus nocifs. Contrairement aux décharges de déchets solides municipaux plus centralisées, on peut positionner les centres de stockage à proximité du point de traitement des boues, limitant ainsi la nécessité de parcourir de longues distances.

La principale différence entre la mise en décharge et l'épandage réside dans le taux d'application. Il n'y a pas de limite de quantité de boues que l'on peut appliquer en mise en décharge, car les apports de nutriments ou les ratios agronomiques ne sont pas une préoccupation. Il faut toutefois faire attention à la contamination par infiltration dans l'eau souterraine. Des systèmes de stockage en surface

plus poussés peuvent inclure un revêtement et un système de collecte des lixiviats afin d'empêcher les nutriments et les contaminants de s'infiltrer dans l'eau souterraine.

Les sites destinés au stockage temporaire d'un produit doivent préférentiellement être couverts pour éviter une réhumidification par les eaux pluviales et la génération de percolats.

Adéquation Comme la mise en décharge ne présente aucun avantage, il ne faut pas l'envisager comme première possibilité. Toutefois, lorsque l'utilisation des boues n'est pas facilement acceptée, le stockage de matières solides en tas confinés et contrôlés est de loin préférable à une dispersion non contrôlée. Dans certains cas, le stockage peut constituer une bonne solution pour un séchage et une désinfection complémentaire des matériaux et pour générer un produit sûr et acceptable. Le stockage peut également être nécessaire pour combler le fossé entre l'offre et la demande.

La mise en décharge, ultime ou temporaire, peut être utilisée dans pratiquement tous les climats et tous les environnements, bien qu'elle puisse ne pas être réalisable lorsqu'il y a des inondations fréquentes ou lorsque le niveau de la nappe phréatique est élevé.

Aspects sanitaires/acceptation Si un site de stockage ultime ou temporaire est protégé (par exemple, par une clôture) et positionné à l'écart du public, il ne devrait y avoir aucun risque de contact ou de désagréments. Il faut empêcher la contamination des ressources en eau souterraine par un positionnement et une conception adéquats. Il faut veiller à protéger le site de stockage ultime ou temporaire contre les animaux nuisibles et les accumulations d'eau, car ceux-ci pourraient aggraver les problèmes d'odeurs et de vecteurs.

Exploitation Le personnel doit s'assurer que seuls des matériaux appropriés sont stockés au niveau du centre et il doit maintenir un contrôle de la circulation et des heures d'exploitation. Les ouvriers doivent porter des vêtements de protection appropriés.

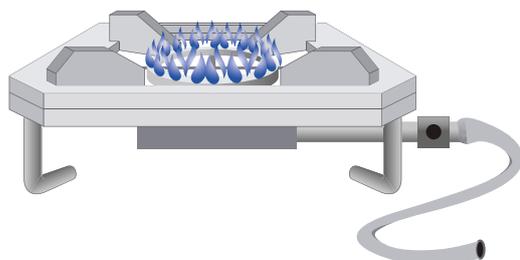
Avantages et inconvénients

- + Peut empêcher des évacuations non contrôlées
- + Le stockage peut assainir le produit
- + Peut utiliser des terres disponibles ou abandonnées
- + Peu de compétences en exploitation et peu d'entretien sont nécessaires
- + Faibles coûts d'investissement et d'exploitation
- Exige une superficie de terrain étendue
- Diffusion potentielle des nutriments et des contaminants dans l'eau souterraine
- La mise en décharge entrave l'utilisation bénéfique d'une ressource
- Les odeurs peuvent être perceptibles, selon le traitement préalable
- Peut nécessiter des équipements de manutention spéciaux

Références et lectures supplémentaires

- Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation*. IWA Publishing, London, UK. Disponible à : www.sandec.ch/fsm_book (Ouvrage détaillé compilant l'état actuel des connaissances sur tous les aspects liés à la gestion des boues de vidange)
- U.S. EPA (1999). *Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States*. EPA-530/R-99-009. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US. Disponible à : www.epa.gov
- U.S. EPA (1994). *A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule*. EPA832-R-93-003. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US. Disponible à : www.epa.gov

Niveau d'application	Niveau de gestion	Produits entrants :  Biogaz
<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Voisinage <input type="checkbox"/> Ville	<input checked="" type="checkbox"/> Ménages <input checked="" type="checkbox"/> Partagé <input checked="" type="checkbox"/> Public	



En principe, le biogaz peut être utilisé comme d'autres gaz combustibles. Lorsqu'il est produit dans des réacteurs à biogaz au niveau des ménages, il est plus adapté pour cuisiner. Par ailleurs, la production d'électricité constitue une option à valeur ajoutée lorsque le biogaz est généré dans de grands digesteurs anaérobies.

La demande en énergie des ménages varie considérablement et dépend des habitudes en matière de préparation et de consommation des aliments (c'est-à-dire que les grains durs et le maïs peuvent nécessiter des temps de cuisson plus longs et donc plus d'énergie par rapport à la cuisson de légumes frais et de viandes). Le biogaz a une teneur moyenne en méthane de 55 à 75 %, ce qui implique une teneur énergétique de 6 à 6,5 kWh/m³.

Éléments à prendre en compte pour la conception

La demande en gaz peut être définie en fonction de l'énergie précédemment consommée. Par exemple, 1 kg de bois pour le feu correspond approximativement à 200 L de biogaz, 1 kg de bouses de vache sèches correspond à 100 L de biogaz et 1 kg de charbon de bois correspond à 500 L de biogaz. La consommation de gaz par personne et par repas pour cuisiner se situe entre 150 et 300 L de biogaz. Environ 30 à 40 L de biogaz sont nécessaires pour faire chauffer un litre d'eau, 120 à 140 L pour 0,5 kg de riz et 160 à 190 L pour 0,5 kg de légumes.

Des tests menés au Népal et en Tanzanie ont démontré que la consommation d'un four domestique au biogaz est d'environ 300 à 400 L/h. Toutefois, cela dépend de la conception du four et de la teneur en méthane du biogaz. On peut prévoir les taux de consommation en litres par heure (L/h) qui suivent pour l'utilisation du biogaz :

- brûleurs domestiques : 200 à 450 L/h
- brûleurs industriels : 1 000 à 3 000 L/h
- réfrigérateur (100 L) selon la température extérieure : 30 à 75 L/h
- lampe à gaz, équivalant à une ampoule de 60 W : 120 à 150 L/h
- moteur au biogaz/diesel par ch : 420 L/h
- génération d'1 kWh d'électricité avec un mélange biogaz/diesel : 700 L/h
- presse de moulage pour le plastique (15 g, 100 unités) avec un mélange biogaz/diesel : 140 L/h

Par rapport aux autres gaz, le biogaz nécessite moins d'air pour brûler. Ainsi, les appareils à gaz conventionnels doivent être modifiés lorsqu'ils sont utilisés pour une combustion du biogaz (par exemple, des becs de gaz et des ouvertures de brûleur plus larges).

La distance que le gaz doit parcourir doit être minimisée, car des pertes et des fuites sont possibles. Il faut installer des robinets de vidange pour drainer l'eau condensée qui s'accumule au niveau des points bas de la conduite de gaz.

Adéquation L'efficacité calorifique de l'utilisation du biogaz est de 55 % dans des fours, de 24 % dans des moteurs, et seulement de 3 % dans des lampes. L'efficacité d'une lampe au biogaz ne représente que la moitié de celle d'une lampe au kérosène. Le moyen le plus efficace d'utiliser le biogaz est une combinaison chaleur/puissance qui permet d'atteindre une efficacité de 88 %. Mais cette solution n'est valable que pour de grandes installations et à condition d'utiliser la chaleur rejetée de manière rentable. Dans le cadre d'une application domestique, la meilleure méthode pour utiliser le biogaz est en cuisinant.

Aspects sanitaires/acceptation En général, les utilisateurs apprécient de cuisiner avec le biogaz, car il est possible de l'activer et de le désactiver instantanément (en comparaison du bois et du charbon). De plus, il brûle sans fumée et n'entraîne donc pas une pollution de l'air intérieur. Le biogaz généré par des fèces peut ne pas être adapté dans tous les contextes culturels. En présumant que l'installation de biogaz est bien construite, exploitée et exploitée (par exemple, l'eau est vidangée), le risque de fuite, d'explosion ou toute autre menace pour la santé des personnes est négligeable.

Exploitation Le biogaz est généralement totalement saturé en vapeur d'eau, ce qui entraîne une condensation. Pour éviter des blocages et une corrosion, l'eau accumulée doit être régulièrement vidée depuis les regards de purge installés. Les conduites, raccords et appareils au gaz doivent être régulièrement surveillés par du personnel formé. Lors de l'utilisation de biogaz pour un moteur, il est nécessaire de réduire le sulfure d'hydrogène au préalable, car il forme des acides corrosifs lorsqu'ils sont associés à la condensation d'eau. La réduction de la teneur en dioxyde de carbone nécessite des efforts opérationnels et financiers complémentaires. Comme un « lavage » au CO₂ n'est pas nécessaire lorsque le biogaz est utilisé pour cuisiner, il est rarement conseillé dans les pays en développement.

Avantages et inconvénients

- + Source d'énergie gratuite
- + Réduction de la pollution de l'air intérieur et de la déforestation (si du bois pour le feu ou du charbon étaient précédemment utilisés)
- + Peu de compétences en exploitation et peu d'entretien sont nécessaires
- Peut ne pas satisfaire à la totalité des besoins en énergie
- Ne peut pas remplacer tous les types d'énergie
- Ne peut pas être stocké facilement (faible densité énergétique par unité de volume) ; une utilisation continue est donc nécessaire

Références et lectures supplémentaires

- _ Deublein, D. and Steinhauser, A. (2011). *Biogas from Waste and Renewable Resources*, 2nd Ed. Wiley-VCH, Weinheim, DE.
- _ Kossmann, W., Pönitz, U., Habermehl, S., Hoerz, T., Krämer, P., Klingler, B., Kellner, C., Wittur, T., von Klopotek, F., Krieg, A. and Euler H. (1999). *Biogas Digest Volume II – Application and Product Development*. GTZ, Eschborn, DE.
Disponible à : www.susana.org/library
- _ Lohri, C. (2009a). *Research on Anaerobic Digestion of Organic Solid Waste at Households Level in Dar es Salaam, Tanzania*. Eawag (Department Sandec). Dübendorf, CH.
Disponible à : www.sandec.ch
- _ Lohri, C. (2009b). *Evaluation of Biogas Sanitation Systems in Nepalese Prisons*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf and ICRC, Geneva, CH.
- _ Mang, H.-P. and Li, Z. (2010). *Technology Review of Biogas Sanitation. Draft – Biogas Sanitation for Blackwater, Brown Water, or for Excreta Treatment and Reuse in Developing Countries*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
Disponible à : www.susana.org/library
- _ Vögeli, Y., Lohri, C. R., Gallardo, A., Diener, S. and Zurbrugg, C. (2014). *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries. Practical Information and Case Studies*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Disponible à : www.sandec.ch

En plus des technologies établies et éprouvées qui sont présentées dans la Partie 2 du Compendium, une multitude de technologies d'assainissement innovantes font actuellement l'objet de recherches, de développements et d'essais sur le terrain. Les technologies émergentes sont celles qui ont dépassé les phases et essais en laboratoire, et qui sont actuellement (juin 2014) mises en œuvre dans des contextes pertinents (c'est-à-dire dans un pays en développement) et à une échelle qui permet d'indiquer qu'un développement est possible (c'est-à-dire pas une seule unité).

L'Année Internationale de l'Assainissement 2008 a galvanisé le secteur de l'assainissement par une visibilité accrue, l'implication de nouveaux acteurs et l'ouverture de nouveaux flux de financement. L'arrivée de nouvelles sources de financement, comme la Fondation Bill & Melinda Gates (www.gatesfoundation.org) et la Société Financière Internationale / Programme Eau et Assainissement (www.ifc.org/sellingsanitation), et l'augmentation de la visibilité et de la volonté politique ont contribué à une hausse substantielle des financements et des innovations dans le secteur ces dernières années.

Beaucoup de technologies innovantes et intéressantes sont en cours de recherche et développement ; elles sont trop nombreuses pour les inclure dans cette section. La plupart de ces innovations sont toutefois encore trop coûteuses, trop complexes sur le plan technique et/ou trop exigeantes en ressources pour une application généralisée, ou leurs performances n'ont pas encore été démontrées à une échelle significative dans les pays en développement. Cependant, plusieurs technologies récemment développées ont dépassé le stade du laboratoire et sont en cours d'application dans un contexte de pays en développement et à une échelle qui permet de déterminer si une diffusion durable est possible. Ci-dessous figurent certaines des technologies émergentes les plus prometteuses qui ont déjà été éprouvées sur le terrain dans différentes conditions opérationnelles et avec différentes compositions de déchets.

Nombre d'innovations dans le domaine de l'assainissement portent sur les modèles commerciaux et sur la logistique. Plusieurs entreprises sociales visent à développer des modèles commerciaux durables qui fournissent des services technologiques, de collecte et/ou de traitement à bas prix aux communautés défavorisées qui, auparavant, étaient considérées comme trop pauvres pour payer des services d'assainissement. En effet, les clients « en bas de la pyramide » attirent de plus en plus l'attention en raison de leur demande et de leur pouvoir d'achat à l'échelle collective.

Nous sommes ravis à la perspective de la prochaine mise à jour du Compendium avec de nouvelles technologies et de nouveaux modèles commerciaux qui auront démontré leur viabilité financière et technique. Ici, nous résumons brièvement certaines des innovations parmi les plus novatrices et les plus répandues qui, selon nous, deviendront des technologies classiques dans les prochaines années.

Peepoo Le sac Peepoo est biodégradable et conçu pour recueillir les excréments en l'absence d'une technologie d'interface utilisateur permanente. Il s'agit d'un sac à usage unique qu'il faut tenir dans une main ou placer au-dessus d'un petit récipient (par exemple, un petit seau ou une bouteille en PET coupée) et qui comporte 2 couches. La couche intérieure est repliée par-dessus la main pour la protéger ou par-dessus un petit récipient. Après une défécation ou une miction dans la couche intérieure, on ferme le sac en le ficelant. La différence entre le sac Peepoo et un sac en plastique standard est que (a) le sac intérieur est revêtu d'urée, qui désinfecte les fèces, et (b) le sac est biodégradable. Il faut transporter les sacs pleins dans une installation de compostage, avant qu'ils ne commencent à se dégrader (environ 4 semaines). Ils sont fabriqués avec un plastique biologique qui se décompose en eau, en dioxyde de carbone et en biomasse. Il n'est donc pas nécessaire de les retirer du processus de compostage, auquel ils contribuent. Il est possible de manipuler les sacs en toute sécurité et ils restent inodores pendant au moins 24 heures, ce qui permet à l'utilisateur de les transporter en toute sécurité jusqu'à un point de collecte approprié. Les sacs sont légers (environ 12 grammes) et peuvent contenir jusqu'à 800 mL d'excréments. Ils ne sont pas conçus pour remplacer une technologie permanente (par exemple, VIP, S.3), mais ils sont recommandés comme méthode d'assainissement pour les personnes qui n'ont accès à aucune autre solution (par exemple, des personnes déplacées dans leur propre pays ou qui sont dans des situations d'urgence, etc.). Des personnes qui, pour des raisons de sécurité, ne peuvent pas accéder à leur installation d'assainissement la plus proche (par exemple, si les toilettes partagées sont trop loin ou si elles sont fermées pendant la nuit), peuvent également s'en servir. De même que pour d'autres technologies mobiles ou avec des containers, le défi consiste à gérer efficacement la collecte et le compostage des sacs. Parmi les pays dans lesquels le sac Peepoo a été très largement utilisé figurent le Kenya, les Philippines, l'Afrique du Sud et le Bangladesh.

Filtre à compost Les filtres à compost se présentent sous plusieurs formes. Leur concept s'appuie sur une combinaison de filtration et de digestion aérobie des matières solides. Con-

trairement à une fosse septique (S.9), où les matières solides se déposent au fond de la fosse et se dégradent dans des conditions anaérobies, dans un filtre à compost, les matières solides sont séparées des liquides dans un milieu poreux (lit filtrant ou sac). Les matières solides restent sur/dans le filtre, avant d'être décomposées par les organismes aérobies qui survivent dans la matrice organique. Il est essentiel que le volume en eau dans les matières solides collectées soit maintenu bas, pour maximiser les performances du filtre à compost. Ainsi, le filtre est capable de maintenir des conditions aérobies sans être saturé. On peut renforcer ce processus en ajoutant régulièrement des couches de paille ou de sciure. Il existe différentes conceptions. Par exemple, certains filtres permanents sont en béton, ou ils se présentent sous forme de sacs filtrants amovibles qu'il est possible d'utiliser pour soutenir l'action du matériau filtrant organique. Par ailleurs, la conception détermine la fréquence de retrait et de traitement complémentaire des matières solides accumulées, ainsi que la durée pendant laquelle le processus peut se poursuivre sans remplacement du filtre. Une conception à double fosse fonctionne selon le principe d'alternance (comme dans les chambres de déshydratation pour les fèces, S.7 ou les doubles fosses pour toilettes à chasse manuelle, S.6) ; chaque côté peut être utilisé pendant un an, et le contenu est laissé au repos et

se décompose pendant que l'autre côté est utilisé. De plus, certaines conceptions fonctionnent continuellement avec une seule fosse (par exemple, le digesteur Biofil ; voir références). Un traitement secondaire des effluents est essentiel dans la conception du filtre à compost, par exemple par un filtre planté (T.7-T.9) et/ou dans des bassins de lagunage (T.5). En fonction de l'utilisation finale envisagée, les matières solides compostées peuvent également nécessiter un traitement complémentaire.

Granulateur à boues LaDePa Le granulateur de déshydratation et de pasteurisation des latrines (LaDePa) est une technologie de séchage et de pasteurisation des boues qui est capable de produire un produit d'amendement du sol sec et en granulés à partir des boues de latrines. On peut y introduire environ 1 000 kg/h de boues (teneur en matières solides de 30 à -35 %) et le taux de production est d'environ 300 kg/h de granules secs (teneur en matières solides de 60 à 65 %). Un compacteur à vis sépare les déchets qui se retrouvent dans les fosses (sacs en plastique, chaussures, etc.) des boues : la vis pousse les boues à travers des orifices de 6 mm sur une courroie poreuse continue en acier, pendant que les déchets sont sortis par une sortie séparée afin de les recueillir et de les éliminer.

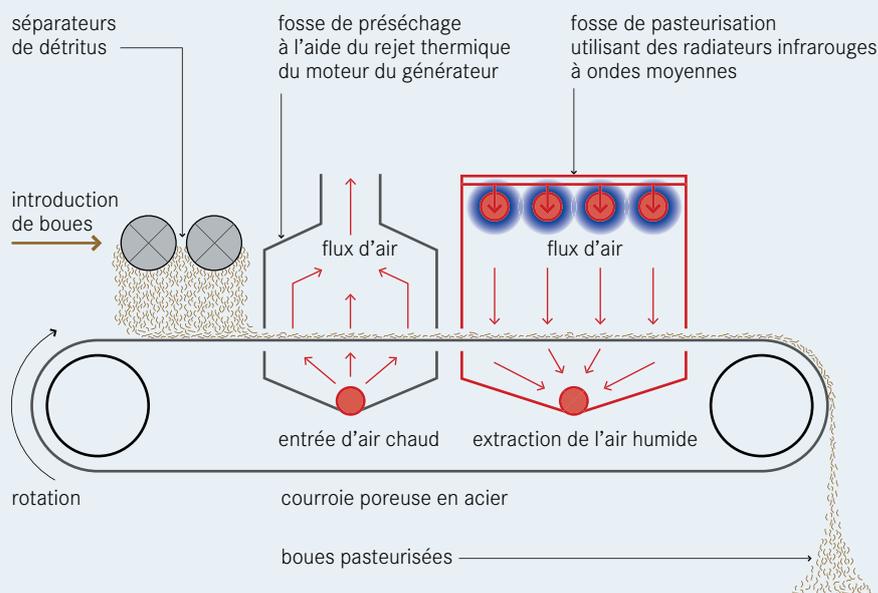


Figure 6 : Schéma du granulateur à boues LaDePa

Les boues extrudées tombent dans une matrice ouverte en longues mèches fines, formant une couche dont l'épaisseur varie de 25 à 40 mm, sur la courroie poreuse, et traversent d'abord une zone de pré-séchage qui utilise la chaleur du moteur à combustion interne du générateur. Les granules de boues partiellement séchés se déplacent ensuite jusqu'à un « Parsepts dryer », procédé de séchage breveté qui fonctionne avec des rayonnements infrarouges à ondes moyennes. Ainsi, les granulés sont pasteurisés et séchés à l'aide d'un ventilateur qui aspire l'air chaud à travers la courroie poreuse et la matrice ouverte de boues. Ceci augmente les capacités de séchage sans accroître la production d'énergie. Les granulés obtenus sont exempts d'agents pathogènes et adaptés pour toute culture alimentaire. L'ensemble du processus dure 16 minutes. L'un des inconvénients majeurs du LaDePa est qu'il est relativement consommateur en énergie et qu'il dépend d'une source d'énergie constante (électricité/diesel).

La municipalité d'eThekweni à Durban en Afrique du Sud mène des essais sur la technologie LaDePa depuis environ deux ans. Les conclusions de ces essais, en conjonction avec le programme de vidange des fosses VIP de la municipalité, indiquent que cette technologie pourrait traiter environ 2 000 t de boues VIP par an avec une seule installation. Le produit a une marque de vente déposée (GrowEtheK) et, une fois la licence acquise en tant qu'engrais à faible concentration de nutriments, il sera mis en sacs et vendu. Selon le prix de vente de GrowEtheK, la technologie LaDePa génère environ 27 \$/h, ce qui peut compenser les frais d'exploitation. La technologie LaDePa a été conçue par Systèmes de Séparation Particulaire (PSS), ce qui permet de proposer l'équipement en location ou à la vente. Si une location est préférée, il faut inclure des frais d'installation et un contrat d'entretien. Si l'équipement est acquis directement, il nécessite malgré tout un contrat d'entretien, mais aucuns frais d'installation.

Production de struvite à partir d'urine L'urine contient la plupart des nutriments excédentaires excrétés par le corps. L'azote et le phosphore sont deux éléments essentiels à la croissance des plantes, et l'urine en contient une grande quantité (les concentrations varient considérablement, mais des valeurs d'environ 250 mg/L de $\text{PO}_4\text{-P}$ et de 2 500 mg/L de $\text{NH}_4\text{-N}$ ne sont pas rares). Afin de tirer profit des nutriments, y compris du potassium, du soufre, etc., on peut directement appliquer l'urine stockée sur les cultures et les champs (consulter la section D.2) ou la transformer en engrais solide, que l'on appelle « struvite »

($\text{NH}_4\text{MgPO}_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$). La struvite est produite en ajoutant une source de magnésium solide d'un certain type (chlorure de magnésium, saumure ou cendre de bois) à l'urine. Le magnésium se lie au phosphore et à l'azote et forme un précipité blanc cristallin. Les cristaux de struvite doivent être filtrés hors de la solution, séchés, puis traités pour leur donner une forme utilisable. On produit actuellement la struvite à Durban en Afrique du Sud, à partir de 1 000 litres d'urine par jour qui sont recueillis depuis les toilettes sèches à séparation des urines des ménages. Lorsque les nutriments provenant de l'urine ne sont pas destinés à être utilisés (par exemple, dans des zones urbaines denses), la struvite constitue une solution pratique pour élaborer un produit compact de nutriments que l'on peut facilement stocker, transporter et utiliser quand et là où il est nécessaire. Toutefois, l'un des inconvénients est que la production de struvite génère un volume équivalent d'effluents dont le pH et la concentration en ammonium sont élevés, qui nécessitent un traitement complémentaire. D'autres composants importants, comme le potassium, demeurent dans la solution. Pourtant, la production de struvite est simple, elle nécessite très peu d'équipements en dehors d'une fosse de mélange et d'un filtre, et elle a démontré ses performances dans beaucoup de pays et de contextes. Elle est efficace en tant que première étape d'une stratégie de récupération des nutriments, mais il ne faut pas la mettre en œuvre sans prévoir une stratégie de traitement aval des effluents. Parmi les exemples de gestion efficace des effluents figurent les systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte qui distribuent le liquide directement sur les cultures, bien que la distribution soit limitée par la charge et l'espace disponible ou la nitrification de l'urine (ce système est encore en phase de développement).

Il est également possible de récupérer la struvite à partir des flux d'eaux usées, en particulier depuis le surnageant d'un digesteur, dont les concentrations en phosphore sont supérieures à celles des eaux noires, bien que la technologie de mélange et de dosage soit plus complexe. Ostara (voir références) fait partie des sociétés qui ont installé leurs technologies brevetées au niveau de grandes stations de traitement des eaux usées.

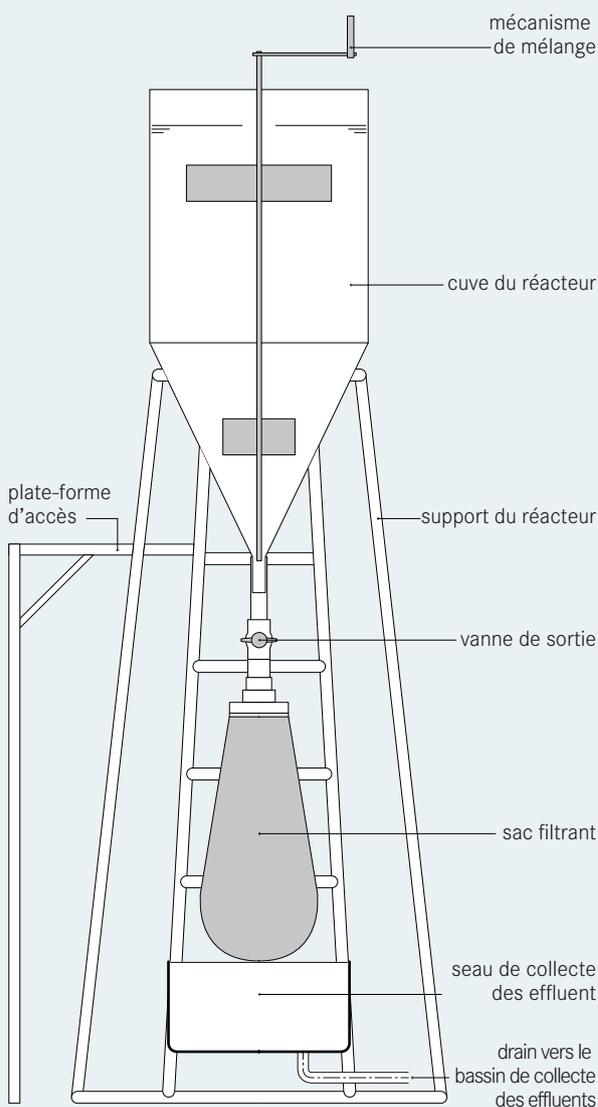


Figure 7 : Schéma d'un réacteur à struvite équipé d'un mécanisme de mélange et d'un sac filtrant

Références et lectures supplémentaires

Peepoo :

- Peepoople. www.peepoople.com (accès en avril 2014)
- Vinnerås, B., Hedenkvist, M., Nordin, A. and Wilhelmson, A. (2009). *Peepoo Bag: Self-Sanitising Single Use Biodegradable Toilet*. *Water Science & Technology* 59 (9): 1743-1749.

Filtre à compost :

- Biofil (n.d.). *The Biofil Toilet System. The Toilet Facility that Makes Good Sanitation Sense*.
- Biofilcom. www.biofilcom.org (accès en avril 2014)
- Gajurel, D. R., Li, Z. and Otterpohl, R. (2003). *Investigation of the Effectiveness of Source Control Sanitation Concepts Including Pre-Treatment with Rottebehaelter*. *Water Science & Technology* 48 (1): 111-118.
- Hoffmann, H., Rüd, S. and Schöpe, A. (2009). *Blackwater and Greywater Reuse System Chorrillos, Lima, Peru – Case Study of Sustainable Sanitation Projects*. Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA), Eschborn, DE. Disponible à : www.susana.org/library

Granuleur à boues LaDePa :

- Harrison, J. and Wilson, D. (2012). *Towards Sustainable Pit Latrine Management through LaDePa*. *Sustainable Sanitation Practice* 13: 25-32. Disponible à : www.ecosan.at/ssp
- Particle Separation Systems. www.parsep.co.za (accès en avril 2014)
- Wilson, D. and Harrison, J. Personal communication (février 2014)

Production de struvite à partir d'urine :

- Etter, B., Tilley, E., Khadka, R. and Udert, K. M. (2011). *Low-Cost Struvite Production Using Source-Separated Urine in Nepal*. *Water Research* 45 (2): 852-862.
- Grau, M. G. P., Rhoton, S. L., Brouckaert, C. J. and Buckley, C. A. (2013). *Development of a Fully Automated Struvite Reactor to Recover Phosphorus from Source Separated Urine Collected at Urine Diversion Toilets in eThekweni*. WEF/IWA International Conference on Nutrient Removal and Recovery 2013, 28-31 July, Vancouver, CA. Disponible à : www.eawag.ch/vuna
- Nutrient Valorization from Urine in Nepal (STUN). www.eawag.ch/stun (accès en avril 2014)
- Ostara Nutrient Recovery Technologies Inc. www.ostara.com (accès en avril 2014)

Glossaire

Adepte de l'essuyage : personne qui préfère utiliser un matériau sec (par exemple, du papier toilette ou des journaux) pour se nettoyer après avoir déféqué plutôt que de se laver avec de l'eau.

Adepte de la position accroupie : personne qui préfère s'accroupir au-dessus des toilettes, plutôt que de s'asseoir directement dessus.

Adepte de la position assise : personne qui préfère s'asseoir sur les toilettes, plutôt que de s'accroupir au-dessus.

Adepte du nettoyage à l'eau : personne qui préfère utiliser de l'eau pour se nettoyer après avoir déféqué plutôt que de s'essuyer avec un matériau sec.

Aérobic : décrit des processus biologiques qui se produisent en présence d'oxygène.

Agent pathogène : organisme ou autre agent qui entraîne une maladie.

Amendement de sol : produit qui renforce les propriétés de rétention de l'eau et des nutriments dans le sol.

Anaérobic : décrit les processus biologiques qui se produisent en l'absence d'oxygène.

Anoxique : décrit le processus de conversion biologique des nitrates en azote gazeux en l'absence d'oxygène. Ce processus s'appelle également la « dénitrification ».

Application de l'urine stockée : consulter la section D.2

Application des fèces déshydratées : consulter la section D3.

Application des humus et composts : consulter la section D4.

Aquaculture : culture et élevage contrôlée de plantes et animaux aquatiques. Consulter la section « Étang piscicole » (D.9) et la section « Lagunage à macrophytes » (D.10)

Aquifère : couche souterraine de roche perméable ou de sédiment (généralement du gravier ou du sable) qui retient ou transmet l'eau souterraine.

Arborloo : consulter la section D.1

Assainissement : méthode de collecte sûre et d'élimination hygiénique des excréments et des déchets liquides pour protéger la santé publique et pour préserver la qualité des milieux aquatiques et, plus généralement, de l'environnement.

Assainissement à la parcelle : désigne les technologies d'assainissement dans lesquels les excréments et les eaux usées sont recueillis, transportés et traités et valorisés sur le site où ils sont générés. Correspond à l'anglais « on-site sanitation » (« Assainissement sur site »).

Assainissement amélioré : installations qui assurent une séparation hygiénique entre les excréments humains et tout contact avec des personnes.

Assainissement collectif : terme utilisé principalement en France pour désigner un système et parfois une technologie d'assainissement qui implique un réseau d'égout public. Se rapproche de l'anglais « centralized sanitation ». Se distinguerait de l'assainissement « autonome » par la personne responsable financièrement et juridiquement selon les institutions françaises. Le système 8, les technologies d'égouts et de traitement centralisé des eaux usées pourraient relever de cette dénomination.

Assainissement écologique (EcoSan) : approche qui vise à recycler en toute sécurité les nutriments, l'eau et/ou l'énergie contenus dans les excréments et les eaux usées, de façon à minimiser l'utilisation de ressources non renouvelables. (syn. : assainissement orienté sur les ressources)

Assainissement environnemental : interventions qui réduisent l'exposition des personnes aux maladies, par la promotion d'un cadre de vie propre, avec des mesures visant à briser le cycle des maladies. Ces interventions comprennent une gestion hygiénique des excréments des personnes et des animaux, des déchets solides, des eaux usées et des eaux pluviales ; le contrôle des vecteurs de maladies ; et la fourniture d'installation de lavage pour l'hygiène corporelle et domestique. L'assainissement environnemental implique les comportements et les installations qui fonctionnent ensemble pour former un environnement hygiénique.

Assainissement hors site : réfère à une technologie d'assainissement dans laquelle les excréments et les eaux usées sont recueillis et transportés à l'écart du site où ils sont générés. Une technologie d'assainissement hors site dépend d'une technologie de transport (consulter les sections C.2 à C.7).

Assainissement non collectif (ANC), ou autonome, ou individuel : terme utilisé principalement en France pour désigner une technologie et parfois un système qui n'implique pas de réseau d'égout public. Se distinguerait de l'assainissement « collectif » par la personne responsable financièrement et juridiquement selon les institutions françaises. Toutes les technologies de classe S pourraient relever de cette catégorie. Cette dénomination peut paraître insuffisante en contextes urbain et périurbain pour rendre compte de la présence nécessaire des groupes fonctionnels de niveau plutôt collectif pour le transport, le traitement (semi-)centralisé et la valorisation/mise en décharge.

Assainissement orienté sur les ressources : consulter la définition « Assainissement écologique de faible alésage » (syn.)

Assainissement semi-collectif : terme qui désignerait l'assainissement réalisé en commun par regroupement de population et dont la responsabilité ne serait pas municipale (assainissement en copropriété par exemple).

Assainissement sur site : réfère à une technologie d'assainissement par laquelle les excréments et les eaux usées sont recueillis et transportés et valorisés/stockés sur le site où ils sont générés.

Bactéries : simples organismes cellulaires individuels que l'on trouve partout sur terre. Ils jouent un rôle essentiel dans le maintien de la vie et l'accomplissement de « services » essentiels, comme le compostage, la dégradation aérobie des déchets et la digestion des aliments dans nos intestins. Certains types de bactéries sont toutefois pathogènes et entraînent des maladies modérées à graves. Les bactéries consomment les nutriments provenant de leur environnement en excréant des enzymes qui dissolvent les molécules complexes en molécules simplifiées, qui peuvent alors traverser les membranes cellulaires.

Bassin aérobie : lagune qui constitue la troisième étape de traitement dans un lagunage. Consulter la section T.5 (Syn. : bassin de maturation, lagune de finition)

Bassin anaérobie : bassin qui constitue la première étape de traitement dans un lagunage. Consulter la section T.5

Bassin de maturation : consulter la section « Bassin aérobie » (syn.)

Bassin facultatif : étang formant la deuxième étape de traitement dans un lagunage. Consulter la section T.5

Bassin piscicole : consulter la section D.9

Bassins d'épaississement : consulter la section T.13

Bassins de décantation / d'épaississement : consulter la section T.13

Biodégradation : transformation biologique des matières organiques en composés et éléments plus basiques (par exemple, dioxyde de carbone, eau) par des bactéries, des champignons et d'autres microorganismes.

Biofiltration sur boues anaérobies : consulter la section T.11

Biogaz : consulter la section « Produits », p. 10

Biomasse : consulter la section « Produits », p. 10

Boues : consulter la section « Produits », p. 12

Boues activées : consulter la section T.12

Boues de fosse septique : ancien terme désignant les boues de vidange.

Boues de vidange : consulter le produit « Boues », p. 12

Chambre de compostage : consulter la section S.8

Chambres de déshydratation : consulter la section S.7

Chaux : nom courant désignant l'oxyde de calcium (chaux vive, CaO) ou l'hydroxyde de calcium (chaux éteinte ou hydratée, Ca(OH)₂). C'est une poudre blanche caustique et alcaline qui est produite par le chauffage de pierres calcaires. La chaux éteinte est moins caustique que la chaux vive et on l'utilise couramment dans le traitement de l'eau/d'eaux usées et la construction (pour les mortiers et les plâtres).

Clarificateur : consulter la section T.1 (syn. : décanteur, ouvrage/bassin de sédimentation/décantation)

Co-compostage : consulter la section T.16

Coagulation : déstabilisation des particules dans l'eau par l'ajout de substances chimiques (par exemple, sulfate d'aluminium ou chlorure ferrique) pour leur permettre de s'accumuler et de former des flocs plus gros.

Collecte et stockage/traitement : consulter le Groupe fonctionnel S, p. 56

Combustion du biogaz : consulter la section D.13

Compostage : processus de décomposition biologique des composants biodégradables par des microorganismes (principalement des bactéries et des champignons) dans des conditions aérobies contrôlées.

Compost : consulter la section « Produits », p. 10

Coût d'investissement : fonds dépensés pour l'acquisition d'immobilisations, comme des infrastructures d'assainissement.

Décantation : consulter la section « Sédimentation » (syn.)

Décanteur : consulter la section T.1 (syn. : clarificateur, ouvrage/bassin de sédimentation/décantation)

Décanteur-digesteur : consulter la section T.2

Dégrilleur : consulter la section « PRE », p. 100 (syn. : grilles, piège à déchets)

Demande biochimique en oxygène (DBO) : mesure de la quantité d'oxygène utilisée par les microorganismes pour dégrader progressivement les matières organiques en eau (exprimée en mg/L et normalement mesurée sur un délai de cinq jours (DBO₅)). C'est une mesure indirecte de la quantité de matières organiques biodégradables qui sont présentes dans l'eau ou dans les eaux usées : plus la teneur en matières organiques est importante, plus il faut d'oxygène pour la dégrader (DBO élevée).

Demande chimique en oxygène (DCO) : mesure de la quantité d'oxygène requise pour l'oxydation chimique de matières organiques dans l'eau par un oxydant chimique puissant (exprimée en mg/l). La DCO est toujours supérieure ou égale à la DBO, car c'est la quantité totale d'oxygène requise pour accomplir l'oxydation. C'est une mesure indirecte de la quantité de matières organiques qui sont présentes dans l'eau ou dans les eaux usées : plus la teneur en matières organiques est importante, plus il faut d'oxygène pour les oxyder chimiquement (DCO élevée).

Déshydratation : processus de réduction de la teneur en eau de boues. Les boues déshydratées peuvent encore contenir beaucoup d'humidité, mais en général, elles sont suffisamment sèches pour être transportées sous forme de matière solide (par exemple, à la pelle).

Désinfection : élimination des microorganismes (pathogènes) par des processus d'inactivation (à l'aide d'agents chimiques, par rayonnement ou par la chaleur) ou de séparation (par exemple, des membranes). Consulter la section « POST », p. 136

Dessableur : consulter la section « PRE », p. 100 (syn. : piège à sable)

Déversement au milieu naturel : consulter la section D.11

Digestat : résidus de matières solides et/ou liquides après une digestion anaérobie.

Digesteur anaérobie : consulter les sections S.12 et T.17 (syn. : réacteur à biogaz)

Digestion anaérobie : la dégradation et la stabilisation de composés organiques par des microorganismes en l'absence d'oxygène, qui produisent du biogaz.

Double fosse pour toilettes à chasse manuelle : consulter la section S.6

E. coli : Escherichia coli, une bactérie qui réside dans les intestins des personnes et des animaux à sang chaud. Elle sert d'indicateur de contamination de l'eau par les matières fécales.

Eau de chasse : consulter la section « Produits », p. 11

Eau de nettoyage anal : consulter la section « Produits », p. 10

Eau souterraine : eau qui se trouve sous la surface de la terre.

Eau superficielle : milieu aquatique naturel ou artificiel visible en surface, comme un cours d'eau, une rivière, un lac, un étang ou un réservoir.

Eaux brunes : consulter la section « Produits », p. 10

Eaux grises : consulter la section « Produits », p. 11

Eaux ménagères : vieux terme désignant les eaux grises.

Eaux noires : consulter la section « Produits », p. 10

Eaux pluviales : consulter la section « Produits », p. 12

Eaux usées : eaux utilisées provenant d'une combinaison d'activités ménagères, industrielles, commerciales ou agricoles, ruissellements de surface/eaux pluviales, et tout type de pénétration/d'infiltration dans les égouts.

Écume : couche de matières solides formée par les composants des eaux usées qui flottent à la surface d'une fosse ou d'un réacteur (par exemple, huile et graisse).

Effluents : consulter la section « Produits », p. 11

Effluents entrants : nom général désignant le liquide qui pénètre dans un système ou un processus (par exemple, les eaux usées).

Égout : canal ouvert ou conduite fermée que l'on utilise pour transporter les eaux usées. Consulter les sections C.4 à C.6

Égout condominial : consulter la section C.4 (syn. : égout simplifié)

Égout conventionnel gravitaire : consulter la section C.6

Égout de faible diamètre : consulter la section C.5 (syn. : égout simplifié décanté)

Égout simplifié : consulter la section C.4 (syn. : égout en copropriété)

Égout simplifié décanté : consulter la section C.5 (syn. : égout de faible diamètre)

Épandage des boues : Consulter la section D.5

Eutrophisation : enrichissement de l'eau, tant douce que salée, par des nutriments (en particulier les composés d'azote et de phosphore) qui accélèrent la croissance des algues et de formes supérieures de vie végétale et entraînent un épuisement de l'oxygène.

Évacuation : consulter la Groupe fonctionnel D, p. 138

Évaporation : changement de phase d'un liquide en gaz qui survient en deçà de la température d'ébullition et qui se déroule normalement à la surface d'un liquide.

Évapotranspiration : combinaison de la perte d'eau en surface par évaporation et de la transpiration des plantes.

Excréments : consulter la section « Produits », p. 11

Fèces : consulter le produit « Fèces », p. 11

Fèces déshydratées : consulter la section « Produits », p. 11 (syn. : fèces séchées)

Fèces séchées : consulter la section « Produits », p. 11 (syn. : fèces déshydratées)

Filtration : mouvement de liquide à travers un support filtrant avec la force de gravité.

Filtration : processus de séparation mécanique à l'aide d'un milieu poreux (par exemple, tissu, papier, lit de sable, ou lit en milieu mixte) qui retient les matières particulaires et permet à la fraction liquide ou gazeuse de traverser ce milieu. La taille des pores du milieu détermine ce qui est capté et ce qui passe à travers.

Filtration tertiaire : application de procédés de filtration pour le traitement tertiaire d'effluents. Consulter la section « POST », p. 136

Filtre anaérobie : consulter les sections S.11 et T.4

Filtre planté horizontal : consulter la section T.8

Filtre planté vertical : consulter la section T.9

Floculation : processus d'augmentation de la taille des particules suite à une collision des particules. Les particules forment des agrégats ou floccs provenant de particules finement divisées et de particules chimiquement déstabilisées et qu'il est ensuite possible d'éliminer par décantation ou filtration.

Flottation : processus par lequel les fractions plus légères d'eaux usées, y compris les huiles, les graisses, les savons, etc. s'élèvent à la surface et peuvent ainsi être séparées.

Fossa Alterna : consulter la section S.5

Fosse d'accumulation : consulter la section « Fosse d'aisance » (syn.)

Fosse d'aisance : terme ambigu utilisé pour décrire un puits d'infiltration ou une fosse de stockage. (syn. : fosse d'accumulation)

Fosse enterrée : consulter la section C.7 (syn. : station de transfert)

Fosse septique : consulter la section S.9

Fosse unique : consulter la section S.2

Fosse unique ventilée améliorée (VIP) : consulter la section S.3

Grilles : Consulter la section « PRE », p. 100 (syn. : dégrilleur, piège à déchets)

Groupe fonctionnel : consulter la « Terminologie du Compendium », p. 12

Helminthe : vers parasitaire, c'est-à-dire un vers qui vit dans ou un organisme hôte, pour lequel il est nuisible. Par exemple, les personnes peuvent être infectées par des vers comme les ascaris et les ankylostomes) et des vers comme le ténia. Les œufs d'helminthes infectieux se trouvent dans les excréments,

les eaux usées et les boues. Ils sont très résistants à l'inactivation et peuvent rester viables dans les fèces et les boues pendant plusieurs années.

Humus : consulter la section « Produits », p. 11

Humus : résidu stable de matières organiques décomposées. Il améliore la structure du sol et augmente la rétention d'eau, mais il n'a aucune valeur nutritive.

Interface utilisateur : consulter le Groupe fonctionnel U, p. 42

Irrigation : consulter la section D.6

Jerrycan : consulter la section C.1

Kyste : état de résistance aux contraintes environnementales d'un microorganisme qui lui permet de survivre pendant des périodes où les conditions environnementales sont difficiles. Certains parasites protozoaires forment des kystes infectieux hautement résistants (par exemple, Giardia) et des oocystes (spores à parois épaisses, par exemple, Cryptosporidium) au cours de leur cycle de vie.

Lagunage : consulter la section T.5

Lagunage à macrophytes : consulter la section D.10 (syn. : bassin à macrophytes)

Lagunage aéré : consulter la section T.6

Lagune de finition : consulter la section « Bassin aérobie » (syn.)

Lit bactérien : consulter la section T.10

Lit d'infiltration : consulter la section D.8

Lits de séchage non plantés : consulter la section T.14

Lits de séchage plantés : consulter la section T.15

Macrophyte : plante aquatique suffisamment grande pour être immédiatement visible à l'œil nu. Ses racines et ses tissus différenciés peuvent être émergents (roseaux, massettes, joncs, riz sauvage), partiellement submergés (myriophylle, utriculaire) ou flottants (lentille d'eau, feuilles de nénuphar).

Marais artificiel : technologie de traitement des eaux usées qui vise à répliquer les processus qui se produisent naturellement dans des marais. Consulter la section T.7

Marais artificiel à écoulement surfacique : consulter la section T.7

Matériaux de nettoyage sec : consulter la section « Produits », p. 11

Matières de vidange : autre terme pour désigner les boues de vidange, particulièrement utilisé en France métropolitaine.

Matières organiques : consulter la section « Produits », p. 11

Matières solides totales (MS) : résidu après le filtrage d'un échantillon d'eau ou de boues, qui est séché à 105 °C (exprimé en mg/l). C'est la totalité des matières solides dissoutes et de la totalité des matières en suspension.

Méthane : hydrocarbure gazeux inodore et inflammable, dont la formule chimique est CH₄. Le méthane est présent sous forme de gaz naturel et c'est le principal composant (50 à 75 %) du biogaz qui se forme suite à la décomposition anaérobie de matières organiques.

Microorganisme : toute entité microbiologique cellulaire ou non cellulaire capable de répliquer ou de transférer le matériel génétique (par exemple, bactéries, virus, protozoaires, algues ou champignons).

Micropolluant : polluant présent à des concentrations extrêmement faibles (par exemple, traces de composés organiques).

Mise en décharge : consulter la section D.12 (mise en centre de stockage)

Nappe d'eau : consulter la section « Nappe phréatique » (syn.)

Nightsoil : Terme anglais ancien pour désigner les boues de vidange

Niveau de nappe phréatique : niveau sous la surface de la terre qui est saturé en eau. Il correspond au niveau où l'eau se trouve quand on creuse ou fore un trou. Une nappe phréatique n'est pas statique et peut varier selon la saison, l'année ou la consommation (syn. : nappe d'eau).

Nutriment : toute substance utilisée pour la croissance. L'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) sont les principaux nutriments contenus dans les engrais agricoles. N et P sont aussi principalement responsables de l'eutrophisation des plans d'eau.

Oocyste : consulter la section « Kyste »

Ouvrage/Bassin de décantation : consulter la section T.1 (syn. : décanteur, clarificateur, ouvrage/bassin de sédimentation)

Ouvrage/Bassin de sédimentation : consulter la section T.1 (syn. : décanteur, clarificateur, ouvrage/bassin de décantation)

Parasite : organisme qui vit sur ou dans un autre organisme et nuit à son hôte.

Percolat : liquide qui a traversé un filtre.

Percolats : fraction liquide qui est séparée de la matière solide par filtration gravitaire à travers un milieu donné (par exemple, qui est drainé depuis des lits de séchage).

pH : mesure de l'acidité ou de l'alcalinité d'une substance. Un pH inférieur à 7 indique que la substance est acide ; un pH supérieur à 7 indique que la substance est basique (alcaline).

Piège à déchets : consulter la section « PRE », p. 100 (syn. : dégrilleur, grille)

Piège à sable : Consulter la section « PRE », p. 100 (syn. : dessableur)

Post-traitement : consulter la section « POST », p. 136 (syn. : traitement tertiaire)

Poste de dépotage intermédiaire : consulter la section C.7

Prétraitement : consulter la section « PRE », p. 100

Produit : consulter la section « Terminologie du Compendium », p. 10

Produits de prétraitement : consulter la section « Produits », p. 12

Protozoaires : groupe diversifié d'organismes eucaryotes unicellulaires, dont les amibes, les ciliés et les flagellés. Certains peuvent être pathogènes et entraîner des maladies modérées à graves.

Puisard : Dénomination ancienne et inappropriée pour désigner un puits d'infiltration (consulter la section « Puits d'infiltration »)

Puits d'infiltration : consulter la section D.7

Rapport carbone sur azote : rapport entre la masse de carbone et la masse d'azote dans un substrat.

Réacteur à biogaz : consulter les sections S.12 et T.17 (syn. : digesteur anaérobie)

Réacteur anaérobie compartimenté : consulter les sections S.10 et T.3

Rechargement de nappe phréatique : consulter la section D. 11

Réduction logarithmique : efficacités dans l'élimination des organismes. 1 unité logarithmique = 90 %, 2 unités logarithmiques = 99 %, 3 unités logarithmiques = 99,9 %, etc.

Remplissage et recouvrement : consulter la section D.1

Réseau d'égout : infrastructures physiques d'égout.

Réservoir de stockage d'urine : consulter la section S.1

Réutilisation : utilisation d'eau recyclée.

Ruisellement de surface : portion des précipitations qui ne s'infiltrent pas dans le sol et qui s'écoulent sur la surface de la terre.

Sédimentation : décantation gravitaire des particules dans un liquide, de sorte que les particules s'accumulent. (syn. : décantation)

Séparateur de graisse : consulter la section « PRE », p. 100

Septique : décrit les conditions dans lesquelles se déroulent la putréfaction et la digestion anaérobie.

Sewage : terme anglais pour désigner les eaux usées d'égout.

Soutirage des boues : processus de retrait des boues accumulées depuis une installation de stockage ou de traitement (on parle aussi de curage lorsque les boues sont solides).

Stabilisation : dégradation des matières organiques en vue de réduire les impacts environnementaux (par exemple, baisse du taux d'oxygène, ressuyage des nutriments).

Station de transfert : consulter la section C.7 (syn. : fosse enterrée)

Superstructure : parois et toit construits autour de toilettes ou de l'utilisateur.

Surface spécifique : rapport entre la superficie et le volume d'un matériau solide (par exemple, d'un élément filtrant).

Système d'assainissement : consulter la section « Terminologie du Compendium », p. 10

Système de traitement décentralisé des eaux usées : système de petite taille utilisé pour recueillir, traiter, rejeter et/ou valoriser les eaux usées provenant d'une petite communauté.

Système type : consulter la p. 15

Technologie d'assainissement : consulter la section « Terminologie du Compendium », p. 13

Technologie émergente : technologie qui a dépassé les phases d'essai en laboratoire, et qui est en cours de mise en œuvre à une échelle suffisante pour évaluer ses possibilités de développement. Consulter la p. 166

Temps de rétention : consulter la section « Temps de rétention hydraulique » (syn.)

Temps de rétention hydraulique : durée moyenne pendant laquelle des composés liquides et solubles restent dans un réacteur ou un ouvrage. (syn. : temps de rétention)

Toilettes : interface utilisateur pour la miction et la défécation.

Toilettes à chasse manuelle : consulter la section U.4

Toilettes à chasse mécanique : consulter la section U.5

Toilettes sèches : consulter la section U.1

Toilettes sèches à séparation des urines : consulter la section U.2

Traitement (semi-)centralisé : consulter le Groupe fonctionnel T, p. 98

Traitement centralisé : consulter le Groupe fonctionnel T, p. 98

Traitement primaire : première étape majeure de traitement des eaux usées qui élimine les matières solides et organiques, principalement par le processus de sédimentation ou de flottation.

Traitement secondaire : suit le traitement primaire pour éliminer les matières organiques biodégradables et les matières solides en suspension qui proviennent des effluents. Il est possible d'inclure l'élimination des nutriments (par exemple, phosphore) et la désinfection dans la définition du traitement secondaire ou du traitement tertiaire, selon la configuration.

Traitement tertiaire : suit le traitement secondaire pour améliorer l'élimination des polluants provenant des effluents. Il est possible d'inclure l'élimination des nutriments (par exemple, phosphore) et la désinfection dans la définition du traitement secondaire ou du traitement tertiaire, selon la configuration. Consulter la section « POST », p. 136 (syn. : post-traitement)

Transport : consulter le Groupe fonctionnel C, p. 82

Urée : molécule organique $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ excrétée dans l'urine et qui contient l'azote nutritif. Avec le temps, l'urée se décompose en dioxyde de carbone et en ammonium, qui sont immédiatement utilisés par les organismes dans le sol.

Urine : consulter la section « Produits », p. 12

Urine stockée : consulter la section « Produits », p. 12

Urinoir : consulter la section U.3

Utilisation finale : utilisation de produits dérivés d'un système d'assainissement. (syn. : utilisation, valorisation)

Valorisation et/ou mise en décharge : consulter le Groupe fonctionnel D, p. 138 (Valorisation et/ou stockage)

Vecteur : organisme (plus couramment un insecte) qui transmet une maladie à un organisme hôte. Par exemple, les mouches sont des vecteurs, car elles peuvent transporter et transmettre aux personnes des agents pathogènes provenant des matières fécales.

Vidange et transport manuels : consulter la section C.2

Vidange et transport motorisés : consulter la section C.3

Virus : agent infectieux comprenant un acide nucléique (ADN ou ARN) et une protéine de capsid. Les virus ne peuvent se répliquer que dans les cellules d'un organisme hôte vivant. Certains virus pathogènes sont connus pour être hydriques (par exemple, le rotavirus, qui peut entraîner une maladie diarrhéique).

Référence bibliographique :

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, Ph., Schertenleib, R. and Zurbrügg, C., 2014.
Compendium of Sanitation Systems and Technologies. 2nd Revised Edition.
Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
Dübendorf, Switzerland.
Deuxième édition (en anglais, 2014), édition française 2016.

ISBN : 978-3-906484-60-0

© Eawag : Institut de Recherche de l'Eau du Domaine des EPF, Département Eau,
Assainissement et Déchets Solides pour le Développement (Sandec), Dübendorf,
Suisse, www.sandec.ch

Ce document est publié par Eawag, qui est un centre de collaboration de l'OMS ;
il ne s'agit pas d'une publication de l'Organisation Mondiale de la Santé. Les opinions
exprimées dans le présent document engagent Eawag, et elles ne représentent pas
nécessairement les décisions ou les politiques de l'Organisation Mondiale de la Santé.

La reproduction de tout ou partie de ce document est autorisée à des fins éducatives,
scientifiques ou liées au développement, excepté celles qui impliquent une vente
commerciale, à condition de citer les sources complètes.

Il est possible de télécharger un exemplaire PDF gratuit de la présente publication
depuis le site : www.sandec.ch/compendium.

Conception graphique et schémas techniques :

Pia Thür, Zürich & Paolo Monaco | Designport GmbH, Zürich

Révision du texte : Pierre-Henri Dodane & Philippe Reymond

Photos : Eawag (Sandec)

Deuxième édition



Eawag
Département Sandec
Überlandstrasse 133
8600 Dübendorf
Suisse
Tél. : +41 (0)58 765 52 86
info@sandec.ch
www.eawag.ch
www.sandec.ch

Water Supply & Sanitation
Collaborative Council (WSSCC)
15 Chemin Louis-Dunant
1202 Genève
Suisse
www.wsscc.org

Association Internationale
de l'Eau (IWA)
Alliance House
12 Caxton Street
Londres SW1H 0QS
Royaume-Uni
www.iwahq.org

Cette deuxième édition actualisée du Compendium rassemble en un seul volume un vaste éventail d'informations sur les systèmes et technologies d'assainissement. L'ordonnancement systématique et visuel de technologies éprouvées et testées permet au lecteur de bénéficier d'un outil de planification pratique pour prendre des décisions mieux avisées.

La première partie du Compendium décrit les différentes configurations de systèmes pour une variété de contextes.

La seconde partie comprend 57 fiches différentes qui décrivent les principaux avantages, inconvénients et applications des technologies nécessaires à la construction d'un système d'assainissement complet. Chaque technologie est illustrée et reliée aux systèmes d'assainissement correspondants.