



GUIDE D'ASSAINISSEMENT DURABLE EN MILIEU RURAL MAROCAIN

Catalogue des techniques et outils d'aide à la décision



Programme AGIRE
Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau

GUIDE D'ASSAINISSEMENT DURABLE EN MILIEU RURAL MAROCAIN

Catalogue des techniques et outils d'aide à la décision

Février 2020



Programme d'appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (AGIRE)

Ministère de l'Équipement du Transport de la Logistique et de l'Eau

Rue Hassan Bencheikroun 10001 Rabat-Agdal/ Maroc

Tél: +212 (0) 5 37 77 87 27

Fax: +212 (0) 5 37 77 86 96

www.water.gov.ma

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

C/o Ministère de l'Équipement du Transport de la Logistique et de l'Eau

Rue Hassan Bencheikroun, Bureau n°229, B.P. 433, 10001 Rabat-Agdal/ Maroc

Tél: +212 (0) 5 37 77 54 50

Fax: +212 (0) 5 37 77 26 10

www.agire-maroc.org

www.giz.de/marokko

Responsables

Pierre Guillibert / Mohammed Elghali Khiyati.

Rédaction

Mohammed Elghali Khiyati, Marc Wauthélet, Hicham Id-boufker, Elisabeth Von Muench, Christine Werner, Omar Benjelloun, Rachid Madah, Farah Elaoufir, Mohamed Oubalkace, Bouchaib El Hamouri, Brahim Soudi, Sara Derouich, Abdelmounaim Elhaddari, Rachid Rajel, Hanane Menzou, Mohammed Benrahma.

Lectorat et traduction

Elisabeth Von Muench, Moustpha Biad, Marine Rafin, Lydia Herrmann, Alice Schroeder, Omar Benjelloun, Rachid Madah, Farah Elaoufir, Mohamed Oubalkace.

Lecture genre

Fatima Zahid, Mohammed Elghali Khiyati, Lahcen Marzouki.

Mise en page

Mohammed Elghali Khiyati, Abdelhamid Fanzi, Omar Boulkam (Capion Consulting).

Conception

Abdelhamid Fanzi, Omar Boulkam (Capion Consulting).

Avis de non-responsabilité

Le contenu de ce manuel a été rédigé avec soin. Néanmoins, nous déclinons toute responsabilité quant à la validité, l'exactitude et l'exhaustivité des informations fournies. Ce catalogue contient des documents provenant de sources tierces, qui ne sont pas sous le contrôle de la GIZ, et pour lesquels nous déclinons toute responsabilité.

Droits d'auteur

Les producteurs du guide s'inscrivent dans le concept « open-source » pour le développement des capacités. Les informations qui y figurent sont destinées à un usage non-lucratif, il ne peut donc être vendu.

La version en ligne du guide est disponible à travers le lien:

<http://www.agire-maroc.org>

Sommaire

Préface	11
Liste des abréviations	12
Introduction	15
PARTIE 1: ASPECTS CONCEPTUELS DE L'ASSAINISSEMENT RURAL	17
1. L'approche systémique comme cadre logique dans la planification d'un projet d'assainissement durable	18
1.1 Les produits entrants (influent) et les produits sortants (effluents)	18
1.1.1 Les produits entrants (influent)	18
1.1.2 Les produits sortants (effluents)	18
1.2 Le système d'assainissement et ses composantes : « groupes fonctionnels »	19
2. Inventaire des techniques utilisées dans les systèmes d'assainissement et formant les groupes fonctionnels	22
2.1 L'équipement sanitaire	22
2.2 La collecte et traitement sur site	22
2.3 La vidange et le transport	23
2.4 Le traitement	24
2.5 La valorisation ou le rejet	26
PARTIE 2: CATALOGUE DES FICHES DES TECHNIQUES D'ASSAINISSEMENT RURAL	29
1. Equipement sanitaire	31
2. Collecte et traitement sur site	43
3. Transport	65
4. Traitement sur site ou hors-site	79
5. Traitement hors-site	95
6. Traitement hors-site et sur site	103
7. Valorisation	129
8. Rejet	149
PARTIE 3: OUTILS D'AIDE A LA DECISION ET SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT RURAL	153
3. Critères de choix et outils d'aide à la décision	154
3.1 Introduction au processus de prise de décision	154
3.2 Agencement d'un système d'assainissement efficace et cohérent	154
3.3 Critères de sélection des techniques	154
3.3.1 Critère 1 : mode d'approvisionnement en eau potable	155
3.3.2 Critère 2 : l'espace disponible	155
3.3.3 Critère 3 : densité de la population et taille des douars	156
3.3.4 Critère 4 : nature du sol et niveau piézométrique de la nappe d'eau	156
3.3.5 Critère 5 : vidange / Transport	156
3.3.6 Critère 6 : nature des effluents et possibilités locales pour la valorisation des sous-produits	157
3.3.7 Critère 7 : climat	157
3.3.8 Critère 8 : facteurs socio-économiques	158
3.4 Arbre décisionnel	158
3.4.1 Premier niveau des critères	159
3.4.2 Deuxième niveau des critères	160
4. Les systèmes d'assainissement appropriés pour le milieu rural au Maroc	164
4.1 Inventaire des systèmes proposés	164
4.2 Les systèmes autonomes	165
4.2.1 Système 1 : Latrine traditionnelle avec puits d'infiltration pour les eaux grises	165
4.2.2 Système 2 : TDSU et filtre planté sur site pour les eaux grises	166
4.2.3 Système 3 : Fosse septique sur site	167
4.2.4 Système 4 : Filtre planté sur site	168
4.2.5 Système 5 : Digesteur classique sur site	169
4.3 Le traitement hors-site, centralisé (Systèmes 6 à 12)	170
4.3.1 Système 6 : Filtre planté centralisé	171
4.3.2 Système 7 : Filtre non-planté à sable centralisé	172

4.3.3	Système 8 : Plantation de biomasse centralisée	173
4.3.4	Système 9 : Bassins de lagunage	174
4.3.5	Système 10, 11, 12 : Processus anaérobie (RAFADE, UASB ou RAC) centralisé	175
4.4	Validation du système choisi	176
Bibliographie		178

VIGNETTES DES TECHNIQUES D'ASSAINISSEMENT RURAL

181







Les Objectifs du Développement Durable (ODD) représentent actuellement le cadre de référence retenu à l'échelle mondiale pour relever les défis d'améliorer significativement la qualité de vie des populations. Ils visent, par une série de mesures, à apporter des progrès socio-économiques et environnementaux considérables par les pays adhérents d'ici l'an 2030. Ainsi chaque pays adhérent a procédé à la mise en œuvre d'un Agenda 2030, spécifiant les cibles à atteindre, et décliné en actions concrètes pour les atteindre. Dans ce sens, le Royaume du Maroc a affiché des ambitions remarquables dans son Agenda 2030, et a engagé, en appui, une série de réformes structurelles pour la mise en œuvre et l'atteinte de ses ODD. Tous les leviers intersectoriels publics ou privés ont été ainsi mobilisés autour d'un modèle de croissance économique convergeant vers une cohésion sociale et durable.

L'assainissement dans le milieu rural prend une place importante dans cet Agenda et représente un des indicateurs clés pour mesurer les progrès réalisés en matière d'ODD. En chiffres, le Maroc vise un taux d'accès à l'assainissement liquide dans le monde rural de 20% à l'horizon 2030. Pour y parvenir, plusieurs réformes dans le secteur de l'eau ont été entreprises particulièrement, l'adoption de la nouvelle loi 36-15 dont l'un des principes fondamentaux est la protection des ressources en eau et la mobilisation des eaux non conventionnelles, notamment, les eaux usées épurées. A cet effet, cette loi a consacré toute une section à l'assainissement liquide .

Au niveau opérationnel, le projet du Plan National de l'Eau (PNE) a fait de la préservation des ressources en eau et des écosystèmes une orientation stratégique. Cette stratégie sera traduite en plans d'actions et en mesures opérationnelles, dans le cadre des Plans Directeurs d'Aménagements Intégrés des Ressources en Eau (PDAIRES) et des différents programmes en cours de finalisation ou de lancement. C'est dans cet esprit, que le Programme National d'Assainissement Mutualisé (PNAM) a été élaboré en intégrant le Programme National d'Assainissement (PNA), le Programme National d'Assainissement en milieu Rural (PNAR) et le Programme National de Réutilisation (PNREU).

La mise en œuvre de ce programme d'assainissement nécessite cependant un certain nombre de mesures d'accompagnement. L'appropriation des techniques de l'assainissement rural et le déploiement d'outils pour une planification décisionnelle raisonnée, sont incontournables pour la mise en œuvre de projets d'assainissement fiables et durables, prenant en considération le contexte local très diversifié du monde rural marocain.

Pour ce faire, un travail en amont a été ainsi amorcé par les équipes de la Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau (DRPE), avec l'appui de la Coopération Technique Allemande (GIZ) durant ces dernières années, pour renforcer la mise en œuvre d'un programme d'assainissement rural efficient, et apporter des solutions techniques efficaces et simples à répliquer à l'échelle nationale. Le présent guide est conçu dans cette perspective ; il initie le lecteur aux différentes techniques d'assainissement rural selon une approche systémique, incluant également la valorisation des sous-produits.

Ce guide est le fruit d'une recherche bibliographique étoffée d'expériences réelles et d'un processus participatif ayant impliqué plusieurs experts représentant les différents partenaires institutionnels concernés par le secteur de l'eau.

A cette occasion je tiens à remercier les différents collaborateurs pour l'effort et l'engagement qu'ils ont démontré tout le long du processus de conception et d'élaboration de ce guide.

Je reste persuadé que ce guide assistera le lecteur pour appréhender et apprécier les différentes pratiques d'assainissement durable en milieu rural adapté au contexte marocain. Au-delà des considérations techniques, le lecteur pourra s'y référer lors de sa prise de décision pour le choix d'une technologie, en appliquant les différents critères développés dans le présent guide selon les spécificités du site identifié.

Abdelkader Amara
Ministre de l'Équipement, du Transport,
de la Logistique et de l'Eau

Table des illustrations

Figure 1:	Schéma conceptuel d'un système d'assainissement	18
Figure 2:	Les barrières et bonnes pratiques d'assainissement selon l'OMS	19
Figure 3:	Le système d'assainissement et ses composantes : « groupes fonctionnels »	20
Figure 4:	Techniques appropriées au milieu rural marocain	21
Figure 5:	Schéma général du processus de sélection	159
Figure 6:	Premier réseau de critères	159
Figure 7:	Deuxième réseau de critères	160
Figure 8:	Cartographie récapitulative du processus de sélection	162
Figure 9:	Schéma détaillé du système 1: Latrine traditionnelle avec puits d'infiltration pour les eaux grises	165
Figure 10:	Schéma détaillé du système 2: TDSU et filtre planté sur site pour les eaux grises	166
Figure 11:	Schéma détaillé du système 3: Fosse septique sur site	167
Figure 12:	Schéma détaillé du système 4: Filtre planté sur site	168
Figure 13:	Schéma détaillé du système 5: Digesteur classique sur site	169
Figure 14:	Schéma détaillé du système 6: Filtre planté centralisé	171
Figure 15:	Schéma détaillé du système 7: Filtre non-planté à sable centralisé	172
Figure 16:	Schéma détaillé du système 8: Plantation de biomasse centralisé (Applicables pour Gr7, Gr8)	173
Figure 17:	Schéma détaillé du système 9: Bassins de lagunage (Applicables pour Gr7, Gr8)	174
Figure 18:	Schéma détaillé du système 10, 11, 12: Processus anaérobie (RAFADE, UASB ou RAC) centralisé	175

Liste des tableaux

Tableau 1.	Les équipements sanitaires pour le milieu rural au Maroc	22
Tableau 2.	Collecte et traitement sur site	23
Tableau 3.	Vidange et transport	24
Tableau 4.	Traitements	25
Tableau 5.	Valorisation et rejet	26

Liste des abréviations

AGIRE	: Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau au Maroc (Programme GIZ)
Co	: Condition déterminée suite au premier réseau de critères
GIZ	: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Agence de Coopération Internationale Allemande pour le Développement)
Gr	: Groupe de système déterminé suite au deuxième réseau de critères
ODD	: Objectifs de Développement Durable
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
ONEE	: Office National de l'Électricité et de l'Eau Potable
ORMVA	: Office Régional de Mise en Valeur Agricole
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
RAC	: Réacteur Anaérobie Compartmenté
RAFADE	: Réacteur Anaérobie à Flux Ascendant à Deux Etages
TDSU	: Toilettes de Déshydratation à Séparation d'Urine
UASB	: Upstream Anaerobic Sludge Blanket (Digesteur Anaérobie à flux ascendant)





Introduction

La convergence de l'action gouvernementale vers un Programme National d'Assainissement Mutualisé (PNAM) traduit une véritable volonté politique du Royaume du Maroc de créer une synergie intersectorielle, autour de l'amélioration de la situation sanitaire de la population, la protection du patrimoine hydraulique national, et la promotion de la réutilisation des eaux usées épurées.

Ce programme qui représente une feuille de route intégrée et cohérente vise, dans l'une de ses composantes, à redresser la situation de l'assainissement liquide dans le monde rural et propose, entre autres, des mesures d'accompagnement et d'appui d'ordre technique, réglementaire, et organisationnel, ainsi que la réflexion sur des leviers et des mécanismes financiers pour sa mise en œuvre.

La maîtrise des aspects techniques et leur vulgarisation constitue l'une des mesures primordiales d'accompagnement du PNAM, qui recommande la réplique des méthodes appropriées au monde rural, la capitalisation des expériences pilotes, le renforcement des capacités et le développement de la recherche scientifique. La promotion de la réutilisation des eaux usées épurées s'avère aussi déterminante, compte tenu de son opportunité pour soulager la pression croissante sur les ressources hydriques.

C'est dans cet esprit, que s'inscrit l'élaboration du présent guide, qui est une compilation d'un travail soutenu autour des différentes techniques adaptées au monde rural, réalisée conjointement par la Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau (DRPE) et la GIZ dans le cadre du programme Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en eau (AGIRE).

Le guide est scindé en trois parties complémentaires :

Partie1: Enonce les déterminants nécessaires à appréhender pour suivre le cadre logique du guide, notamment la définition et le rôle «des composantes fonctionnelles» formant la chaîne d'assainissement ou «le système d'assainissement» de l'amont à l'aval, et inventorie les différentes techniques d'assainissement adaptées au contexte rural marocain.

Partie2: Explicite les différentes techniques d'assainissement et de réutilisation en milieu rural sous forme de fiches, détaillant chacune les principes de base et les conditions d'application (ou d'utilisation). Ces fiches permettent entre autres, d'apprécier les impacts et la durabilité des solutions et les options de valorisation possibles. Quelques réalisations au Maroc sont citées, ainsi que les références bibliographiques pour ceux et celles qui souhaitent approfondir leurs connaissances.

Partie3: Dans cette dernière partie du guide est développé le processus de choix des techniques d'assainissement au regard d'un ensemble de critères sélectifs. Le lecteur peut s'y référer pour voir toutes les situations possibles et s'orienter vers la solution et la technique la plus adaptée à son contexte local. Un arbre décisionnel est proposé, simplifiant davantage la compréhension du cheminement logique à entreprendre.

L'objectif ultime de ce guide d'assainissement durable en milieu rural est triangulaire. Il permet, en effet :

- D'exposer au lecteur/trice une large gamme de systèmes d'assainissement rural et de techniques classiques et innovantes;
- D'aider le lecteur/trice à comprendre et travailler avec le concept de système d'assainissement;
- De décrire et présenter avec justesse les avantages et inconvénients d'une technique spécifique.

Il constitue ainsi, un document d'orientation à l'usage des ingénieurs et des techniciens/ennes, dont le but premier est d'être utilisé lors des processus de planification participative impliquant notamment les populations locales. Il est également destiné aux experts/es possédant une connaissance détaillée des techniques conventionnelles d'assainissement et désirant obtenir des informations sur les infrastructures et différentes configurations des systèmes.

Ce guide servira également de base pour orienter la préparation de l'arrêté d'application du décret relatif à l'assainissement autonome, qui devrait fixer les dispositifs d'assainissement autonome agréés.

De même son originalité, réside dans le fait que :

- Le document s'appuie sur l'approche systémique comme cadre logique de mise en œuvre de tout projet d'assainissement rural ;
- La prise en compte et la proposition de plusieurs options possibles pour la valorisation des sous-produits de l'assainissement ;
- La diversification des techniques proposées.

Le document présente aussi des options de récupération et de réutilisation, en vue d'une gestion durable des ressources en eau.

DURABLE ASSAINISSEMENT TOOLBOX

CATALOGUE DES TECHNIQUES OUTILS
D'AIDE A LA DECISION



PARTIE 1: ASPECTS CONCEPTUELS DE L'ASSAINISSEMENT RURAL

1. L'approche systémique comme cadre logique dans la planification d'un projet d'assainissement durable

Tout projet d'assainissement liquide en milieu rural, doit être conçu et perçu comme un système enchaîné et logique, partant de produits entrants (dits influents), et aboutissant, en fin de chaîne, à des produits sortants (dits effluents).

Ainsi sont distingués dans une chaîne de l'assainissement liquide :

- Les produits entrants et sortants : représentant respectivement les inputs et les outputs de la chaîne d'assainissement,
- Le système d'assainissement : (où sont introduits les produits entrants et générant des produits sortants) formé de groupes fonctionnels et qui représente le cœur de toute la chaîne d'assainissement

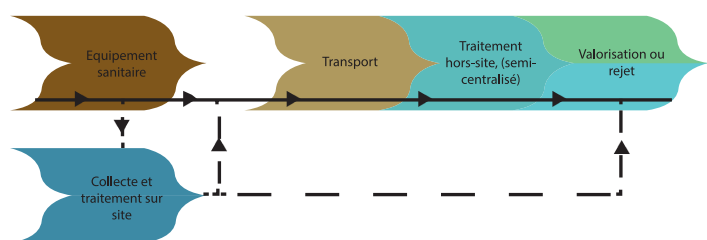


Figure 1: Schéma conceptuel d'un système d'assainissement

1.1 Les produits entrants (influent) et les produits sortants (effluents)

1.1.1 Les produits entrants (influent)

Les produits entrants sont des matières appelés également « déchets » ou « ressources ». Ils sont soit :

- Générés directement par l'utilisateur (exemple : excréta : urine et fèces),
- Requis dans le fonctionnement du système d'assainissement (exemple : eau pour évacuer les excréta à travers le réseau d'égout ou les canalisations),
- Générés par le fonctionnement, le stockage, ou le traitement/processus opéré (exemple : boues de vidange).

Les excréta mélangés avec les eaux grises ou les eaux claires sont appelés « eaux usées ». Les eaux usées peuvent être produites aussi par d'autres sources que des sources domestiques (effluents d'usines par exemple). Les produits entrants peuvent correspondre par exemple aussi à des eaux pluviales.

Dans la logique, le système d'assainissement doit être capable de traiter tous les entrants (flux de matières) et générera toujours les mêmes produits sortants, dont certains peuvent être valorisés.

A signaler, cependant, que si l'un des entrants (influent) n'est pas considéré dans le système d'assainissement, celui-ci ne serait pas opérationnel.

1.1.2 Les produits sortants (effluents)

L'effluent est le terme général employé pour un produit sortant d'un traitement technologique d'assainissement, après que les eaux usées ou les boues aient subi une séparation des solides, ou un autre type de traitement dans certains cas.

En fonction des types du traitement, l'effluent peut être complètement assaini ou nécessiterait encore un autre traitement avant sa réutilisation ou son évacuation.

En termes de réutilisation, des eaux usées, des excréta (féces et urine) et des eaux grises, l'Organisation Mondiale de la Santé, l'OMS, reconnaît :

- Que la réutilisation des eaux usées, des eaux grises et des déchets humains est pratiquée déjà partout dans le monde, mais souvent sans une protection suffisante de la santé publique ;
- L'importance de la réutilisation des eaux usées, des eaux grises et des déchets humains pour une production agricole durable et pour une subsistance améliorée ;
- Que la séparation à la source des différentes matières entrantes est une approche particulièrement appropriée pour limiter les risques sanitaires.

Dans ce sens, l'OMS a établi des directives (publiées en 2006) pour la réutilisation dans l'agriculture, des eaux usées, excréta et eaux grises selon une approche dite « multi barrière ». Ainsi et afin de réduire les risques sanitaires, l'OMS préconise la mise en place d'une série de « barrières sanitaires » tout au long de la chaîne de valorisation des eaux usées dans l'agriculture. Chacune de ces barrières participe à la réduction du nombre de pathogènes à un niveau acceptable.



Ce concept de barrières multiples se décline en une série de mesures/barrières le long du système d'assainissement (ou de la chaîne de valeur d'assainissement) de l'amont jusqu'à l'aval.

Chacune des barrières assure un taux de réduction des risques sanitaires liés à la réutilisation des eaux usées, excréta et eaux grises. Les barrières de l'approche de l'OMS sont au nombre de neuf (09) : (barrières 1 et 2 : dites barrières de traitement ; barrières de 3 à 5 : dites barrières agricoles ; et barrières de 6 à 9 : dites barrières d'hygiène).

Brièvement les bonnes pratiques à appliquer au niveau de ces neuf barrières sont déclinées ci-dessous :

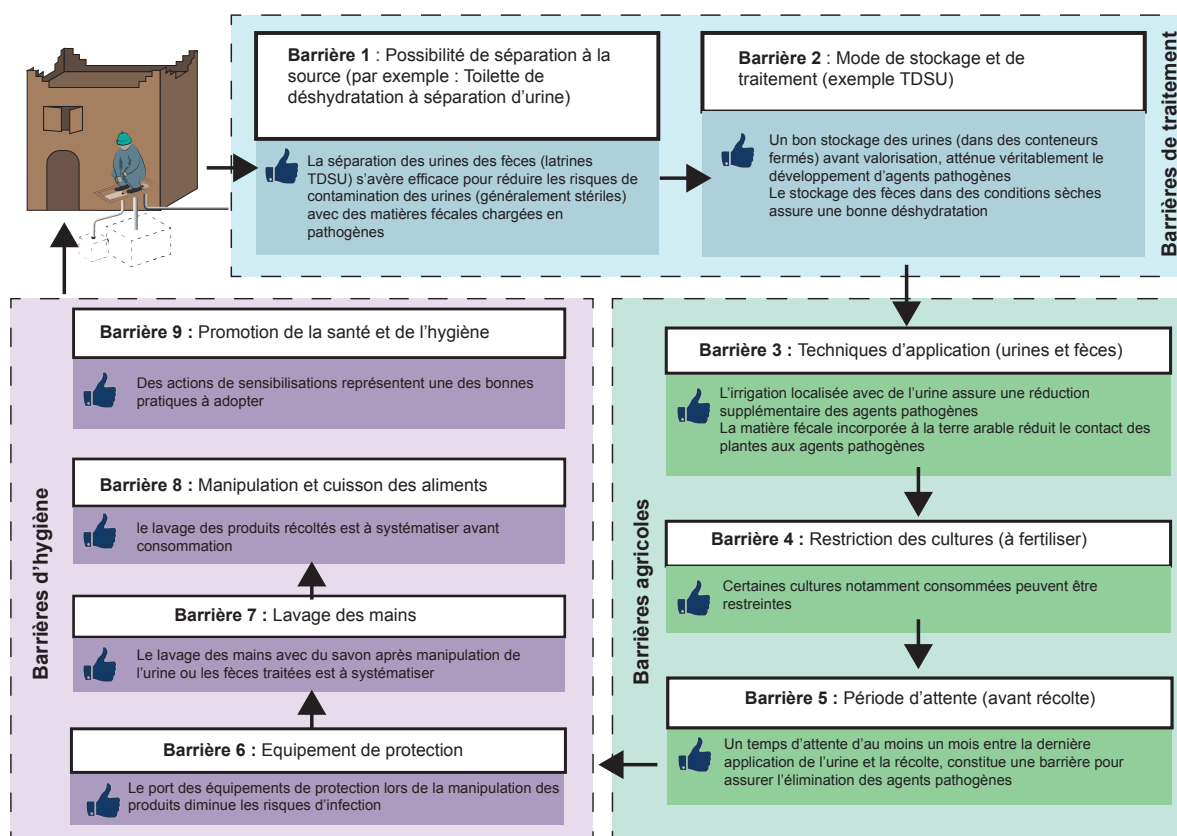


Figure 2: Les barrières et bonnes pratiques d'assainissement selon l'OMS

1.2 Le système d'assainissement et ses composantes : « groupes fonctionnels »

Les influents introduits dans un système d'assainissement subissent au cours de leur parcours, un ensemble d'étapes : une collecte, un transport, et un traitement, qui donnent lieu, en fin de chaîne, à un rejet ou à un effluent qui peut éventuellement être réutilisé et valorisé (selon les cas).

Les étapes précitées formant un système d'assainissement sont appelées aussi « Groupes fonctionnels », et correspondent à :

1. L'équipement sanitaire,
2. La collecte et traitement sur site (Une fois les influents sont traités, ils peuvent être acheminés vers un autre traitement hors site, rejetés ou valorisés),
3. Le transport,
4. Le traitement hors-site et
5. La valorisation ou le rejet.

Le schéma ci-dessous, illustre ces dispositions logiques des groupes fonctionnels dans un système d'assainissement.

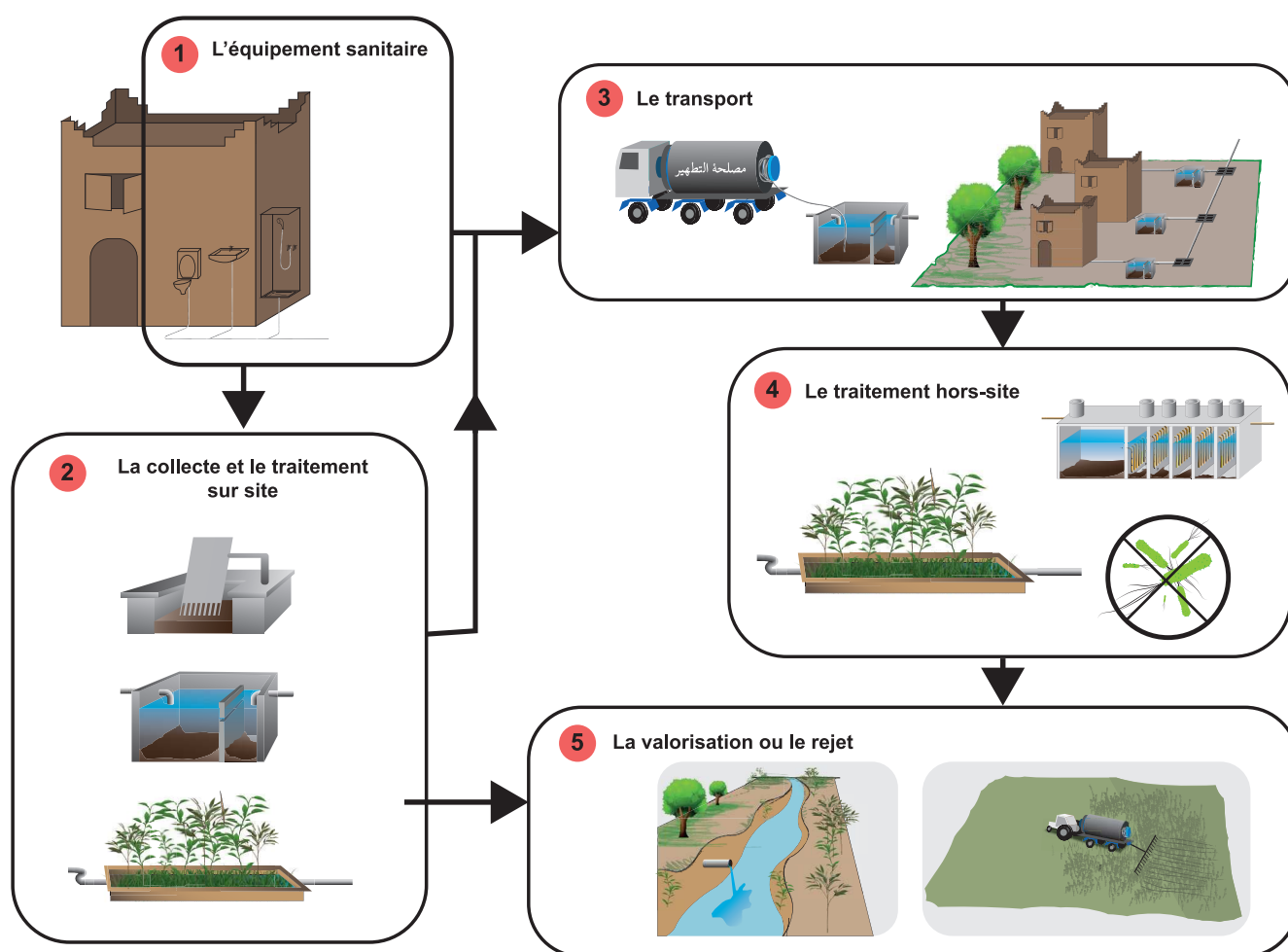


Figure 3: Le système d'assainissement et ses composantes : « groupes fonctionnels »

Les groupes fonctionnels sont complémentaires entre eux, dont chacun joue un rôle bien particulier et spécifique, nécessaire pour qu'un système d'assainissement fonctionne correctement. A noter, que chaque groupe fonctionnel peut proposer plusieurs techniques qui seraient sélectionnées ou décidées selon le contexte ou les préférences des usagers/ères.

On entend par « techniques » : les infrastructures, les méthodes ou les services spécifiques conçus pour stocker, traiter ou transporter des produits vers une autre étape de transformation ou de stockage.

Le détail des techniques par groupe fonctionnel sont décrites dans le chapitre qui suit. En règle générale, ce n'est pas nécessaire qu'un produit passe à travers une technique de chaque groupe fonctionnel. En revanche, l'ordre des groupes fonctionnels doit être systématiquement maintenu.

Le lecteur/trice peut se référer au diagramme suivant, pour appréhender la logique d'un système d'assainissement et la disposition des différents groupes fonctionnels. Aussi, chaque groupe fonctionnel a une couleur distinctive ; les techniques d'un groupe fonctionnel donné sont de même couleur pour les rendre plus facilement identifiables.

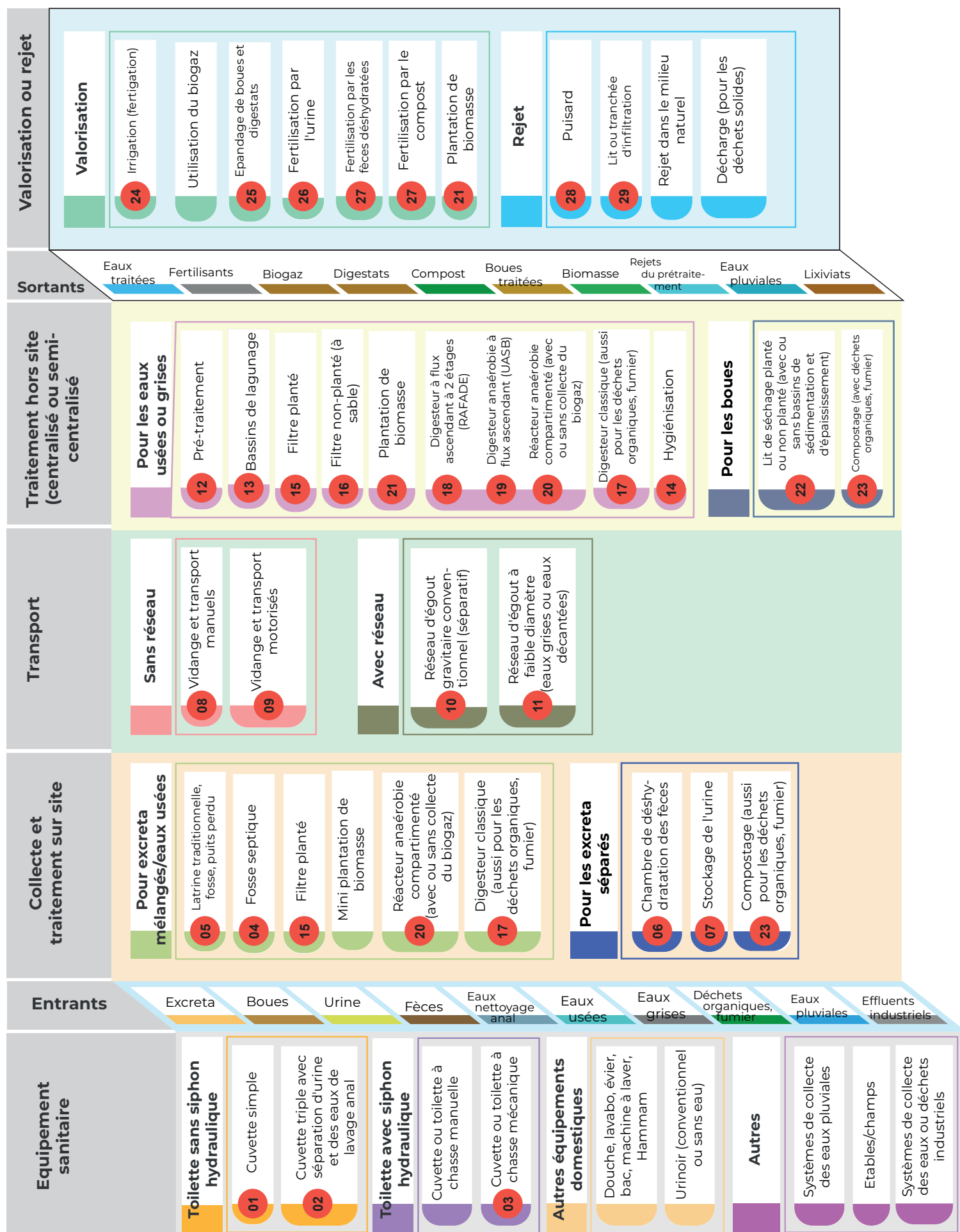


Figure 4: Techniques appropriées au milieu rural marocain



2. Inventaire des techniques utilisées dans les systèmes d’assainissement et formant les groupes fonctionnels

L’inventaire des techniques formant les groupes fonctionnels proposé par le présent guide, prend en considération le contexte rural marocain et exclut les techniques qui ne lui est sont pas adaptées. Ainsi sont recensées :

2.1 L’équipement sanitaire

L’équipement sanitaire représente le moyen d’accès à un système d’assainissement, et constitue la première barrière entre l’usager/(ère) et les pathogènes contenues dans les fèces. Il permet de diriger les excréta dans un endroit confiné et réservé à cet effet. Il décrit le type de toilette, de siège, de cuvette, ou d’urinoir en contact avec l’usager/(ère). En d’autres termes, l’équipement sanitaire représente la manière dont l’usager/(ère) a accès au système d’assainissement.

Dans beaucoup de cas, le choix de l’équipement sanitaire (aussi appelé « l’interface utilisateur/(trice) ») dépendra de la disponibilité et du mode d’approvisionnement en eau. La typologie de l’équipement sanitaire conditionne, aussi, souvent le choix de la technique du système d’assainissement. En effet, un système d’assainissement liquide doit avoir en amont un équipement sanitaire qui fonctionne à l’eau. Au cas contraire, pour un équipement sanitaire de type sec, il faudra installer un système d’assainissement plutôt sec.


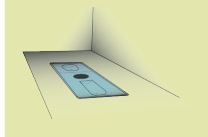
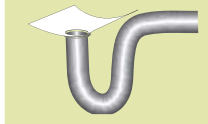
	Fiche	Technique	Description
	1	Cuvette simple	Une cuvette simple est associée à une toilette qui fonctionne sans eau (c’est-à-dire sans siphon hydraulique), comme une latrine traditionnelle ou une toilette à compost.
	2	Cuvette triple avec séparation d’urine et de l’eau de lavage anal	Une cuvette triple avec séparation d’urine et de l’eau de lavage anal (« cuvette triple ») est un équipement sanitaire qui permet le drainage, le stockage et/ou le traitement séparé des différents entrants. Ces cuvettes possèdent trois compartiments qui permettent de collecter l’urine séparément des fèces et de l’eau de lavage anal.
	3	Cuvettes à chasse manuelle ou mécanique	Les cuvettes à chasse manuelle ou mécanique sont des équipements de collecte des fèces et de l’urine mélangées. Les excréta sont évacués grâce à l’eau via un siphon hydraulique qui empêche la remontée des nuisances (odeurs, insectes) du côté de l’usager

Tableau 1. Les équipements sanitaires pour le milieu rural au Maroc

2.2 La collecte et traitement sur site

La collecte et traitement sur site correspond aux options de collecte, de stockage et parfois de prétraitement voir de traitement des produits qui sont générés au niveau de l’interface utilisateur. Ces techniques ont souvent une fonction de stockage ou de transport. Dans le cas des systèmes d’assainissement liquides (qui fonctionnent à l’eau), les eaux usées ménagères peuvent être traitées conjointement avec les excréta.

L’objectif principal de ces techniques est de limiter la dispersion des excréta hautement pathogènes. A noter, néanmoins que les matières issues de ces techniques contiennent encore des concentrations élevées en pathogènes et exigent souvent un traitement supplémentaire avant valorisation ou mise en décharge. Il faut, à cet effet, rester prudent lors des manipulations sur ces ouvrages notamment lors des vidanges (Akvo, 2013).



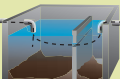
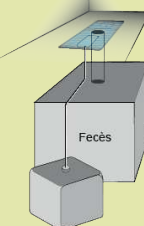
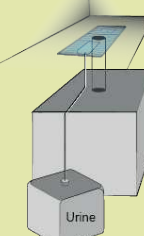
	Fiche	Technique	Description
	4	Fosse septique	Une fosse septique est une cuve étanche construite en béton ou en fibre de verre ou en PVC ou en matière plastique. Les eaux usées y séjournent afin d'y subir une décantation, une flottation et une digestion anaérobie partielle de la fraction biodégradable.
	5	Fosse simple (latrine traditionnelle)	Fosse simple (latrine traditionnelle) est un moyen d'assainissement autonome très répandu à travers le monde. La latrine est un lieu d'aisance sommaire, où l'urine et les fèces sont stockées et subissent une décomposition dans une fosse.
	6	Chambre de déshydratation des fèces (pour la TDSU)	Chambre de déshydratation des fèces (pour la TDSU) est l'élément le plus central de la « Toilette de Déshydratation à Séparation d'Urine » (TDSU). Elle est utilisée pour collecter, stocker et sécher les fèces. Cette opération de déshydratation détruit les organismes pathogènes et réduit les odeurs.
	7	Stockage de l'urine (souvent dans des conteneurs)	Pour la TDSU, le stockage de l'urine constitue une opération importante. Il permet son hygiénisation et son utilisation locale comme fertilisant ou son transport hors-site.

Tableau 2. Collecte et traitement sur site

2.3 La vidange et le transport

Après avoir séjourné pendant un certain temps dans les ouvrages de stockage et de traitement, les effluents et les boues, nécessitent d'être véhiculés de diverses manières entre les groupes fonctionnels.

Les boues, nécessitent d'être vidangées une fois que l'ouvrage d'assainissement est saturé et doivent être transportées vers un site de dépotage pour subir un traitement final afin de les neutraliser et les rendre inoffensives vis-à-vis de l'utilisateur/(ère) et de l'environnement.

L'opération de vidange et de transport dépend d'un certain nombre de facteurs comme la nature de l'effluent ou l'état des voiries et d'accès.

La vidange mécanique peut être impossible si les voies d'accès ne sont pas suffisamment praticables. Dans ce cas, la vidange

manuelle ou semi-mécanique est préconisée. Ces opérations nécessitent la mise à disposition d'un site de stockage et de traitement ainsi qu'une bonne organisation lors de la vidange.

Une attention particulièrement importante doit être portée aux opérations de vidange. En effet, ces opérations conditionnent le bon fonctionnement d'un système d'assainissement et son efficacité en termes de sécurité sanitaire et environnementale. Il faut prévoir, dans ce cas aussi, une technique de stockage et de traitement des boues pour éviter son dépotage sauvage.





Il est important de signaler, par ailleurs, que les boues issues de certaines techniques de traitement (boues de digesteur par exemple) sont partiellement stabilisées et présentent un risque sanitaire moins important. Il est donc possible, dans ce cas, de les épandre directement sans un traitement supplémentaire.

Elles peuvent, aussi, être valorisées en les mélangeant à la matière sèche pour compostage ou épandues sur des lits de séchage. Les excréta déshydratés issus de TDSU peuvent également être directement épandus.

Remarque

Dans le cas du traitement centralisé (hors site), il est nécessaire de convoier les eaux usées vers le site de traitement grâce à un réseau d’égout. Celui-ci peut être de type unitaire, drainant conjointement les eaux usées et les eaux pluviales, ou séparatif quand il les draine séparément.





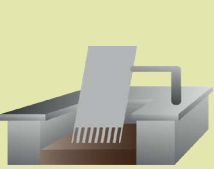
	Fiche	Technique	Description
	8	Vidange et transport manuel	La vidange et le transport manuel se réfèrent aux différents moyens par lesquels les usagers/(ères) ou les ménages peuvent vidanger les systèmes d’assainissement in-situ sans recourir à des équipements et à des véhicules motorisés. Cette pratique comporte, néanmoins, des risques importants de contamination par des agents pathogènes issus des boues de vidange peu ou pas stabilisées.
	9	Vidange et transport motorisé	La vidange et le transport motorisé (ou hydrocurage) se rapportent à un camion de vidange ou à un autre véhicule équipé d’une pompe motorisée et d’un réservoir de stockage pour évacuer et transporter les boues, les eaux usées ou l’urine. Cette technique nécessite des voies d’accès suffisamment praticables.
	10	Réseau d’égouts gravitaires conventionnels	Les égouts gravitaires conventionnels (séparatifs ou non) sont des réseaux de conduites souterraines qui transportent les eaux vannes, les eaux grises (et éventuellement les eaux de drainage) depuis les habitations vers une station de traitement centralisée. La collecte se fait de façon gravitaire ou par combinaison de plusieurs tronçons de réseaux gravitaires et de stations de relevage.
	11	Réseau d’assainissement simplifié et décanté	Le réseau d’égout non conventionnel inclut plusieurs techniques. Cette description se limitera au réseau décanté à petit diamètre qui semble être le plus approprié en zone rurale marocaine pour des raisons de mise en œuvre (étroitesse des ruelles) et de maintenance. Pour cette technique, il est indispensable d’effectuer une décantation préalable pour éviter le risque de colmatage du réseau. Les décanteurs doivent être vidangés régulièrement.

Tableau 3. Vidange et transport

2.4 Le traitement

Il se réfère aux différentes techniques de traitement dans le but d’abattre la charge polluante.

	Fiche	Technique	Description
	12	Prétraitement	<p>Le prétraitement remplit les trois fonctions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elimination, dans un dégrilleur, des corps de grande taille pour éviter le colmatage des conduites et le blocage des pompes. • Elimination, dans un déshuileur, des huiles et des graisses. • Elimination, dans un dessableur, des sables et des particules fines inertes.



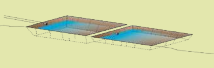

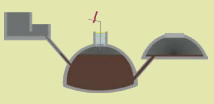
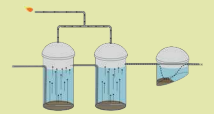
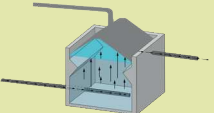
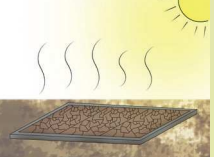
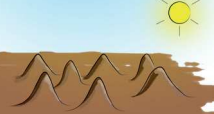
	13	Bassins de lagunage	Les bassins de lagunage sont des grands plans d'eau artificiels imperméables ou imperméabilisés selon les conditions du terrain. Les bassins sont remplis d'eaux usées qui sont alors traitées par des processus d'épuration naturelle.
	14	Hygiénisation	L'hygiénisation est une série de processus de post-traitement qui peuvent réduire à des taux acceptables les concentrations en agents pathogènes des eaux usées ou des boues (avant réutilisation non restrictive). A citer, par exemple la filtration à sable, les traitements Ultra Violés (UV), la chloration, le chenal algal, le stockage à long terme, ou la déshydratation.
	15	Filtre planté	Le filtre planté est un bassin creusé puis imperméabilisé (ou construit en dur). Il est rempli de gravier et de sable sur lequel de la végétation aquatique est plantée. L'eau usée est filtrée et épurée en transitant à travers le gravier et le sable. Le tissu racinaire des plantes participe également à l'épuration par le phénomène de phyto épuration.
	16	Filtre à sable et à gravier	Le filtre à sable et à gravier est un système de purification centralisée ou semi-centralisée des eaux usées. Il s'agit d'une fosse remplie de graviers et de sable à travers laquelle les eaux usées sont filtrées et traitées par une flore bactérienne qui se développe sur le support poreux.
	17	Digesteur classique	Le digesteur classique est une technique de traitement anaérobie (sans oxygène libre) des matières organiques qui produit un « digestat » (matières digérées) utilisable comme fertilisant. La technique génère aussi du biogaz qui peut être utilisé comme source d'énergie.
	18	Réacteur Anaérobie à Flux Ascendant à Deux Étages (RAFADE)	Le réacteur Anaérobie à Flux Ascendant à Deux Étages (RAFADE) comporte deux réacteurs en série complètement couverts. L'eau usée est injectée par le fond et sort par le haut du réacteur. Le décanteur externe piège la boue et un filtre à gravier bloque les particules légères. La boue éliminée est dirigée vers les lits de séchage.
	19	Réacteur anaérobie à lit de boues à flux ascendant (UASB)	Le réacteur anaérobie à lit de boues à flux ascendant (UASB) est un réservoir à processus simple. Le réacteur utilise un processus anaérobie tout en formant une couverture de boue granuleuse qui reste en suspension dans le réservoir. Les eaux usées entrent dans le réacteur par le fond, et sortent vers le haut. La couche des boues suspendue par le flux ascendant filtre et traite les eaux usées pendant leur écoulement ascendant.
	20	Réacteur Anaérobie Compartimenté (RAC)	Le Réacteur Anaérobie Compartimenté (RAC) est une fosse septique améliorée dans laquelle une série de chicanes forcent le sens d'écoulement des eaux usées suivant des courants ascendants et descendants. Cette disposition augmente le temps de contact des eaux usées avec la biomasse et améliore l'épuration.
	21	Plantation de biomasse à courte rotation	L'appellation « plantation de biomasse à courte rotation » ou « plantation à courte rotation (PCR) » désigne (dans le contexte du traitement des eaux usées) l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation de culture destinée à un usage autre que l'alimentation humaine ou animale. Différentes valorisations non alimentaires sont possibles notamment énergétique.
	22	Lit de séchage de boues	Le lit de séchage des boues est un ouvrage destiné à réduire le taux d'humidité des boues de vidange par égouttage et séchage en fonction des conditions climatiques. Ce procédé consiste à répandre les boues à déshydrater sur une surface drainante (graviers et sable), à travers laquelle percole l'eau. Les boues sèches sont ensuite valorisées pour l'épandage ou le compostage.
	23	Co-compostage	Le Co-compostage est la dégradation aérobie contrôlée des matières organiques d'origine différentes (déchets solides organiques, boues de vidange). Le compost enrichit et améliore la structure des sols (et leur fertilité).

Tableau 4. Traitements



2.5 La valorisation ou le rejet

La notion de déchet-ressource doit être mise en avant dans tout projet d’assainissement rural, en visant quand c’est opportun, une valorisation énergétique ou agricole. Dans cette perspective, la valorisation se réfère aux méthodes par lesquelles les produits sont finalement restitués à l’environnement, en tant que ressources utiles ou matériaux à risques réduits. Certains produits peuvent, même, être recyclés dans un système d’assainissement comme les eaux grises traitées qui peuvent convenir à être réutilisées pour la chasse d’eau de toilettes ou comme eau de dilution en digestion anaérobie. Il faut rappeler, tout de même, que toute valorisation doit être subordonnée au maintien de la sécurité sanitaire et environnementale.





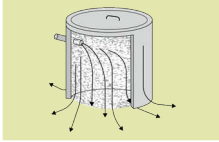
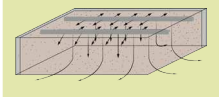
	Fiche	Technique	Description
	24	Irrigation avec les eaux usées traitées	L’irrigation avec les eaux usées traitées est une pratique culturale qui consiste à combler le déficit qui peut exister entre l’apport d’eau par les précipitations et le besoin en eau des cultures.
	25	Epandage de boues ou digestats	Les boues de vidange ou de curage/raclage (des fosses ou des décanteurs) doivent être digérées ou stabilisées avant leur utilisation. Les digestats sont les résidus de digesteurs agricoles ou agro-industriels traitant les déjections animales, les eaux usées, les boues, et les déchets.
	26	Fertilisation par l’urine	L’urine est un liquide composé de plus de 95% d’eau qui contient des composés riches en azote, et en moindre quantité en chlorure, en sodium, ou en potassium, etc. Son utilisation en agriculture permet de substituer le recours aux engrais chimiques.
	27	Fertilisation par des fèces déshydratées ou des fèces compostées	L’application de ces deux produits d’amendement sur des sols agricoles reste similaire bien qu’ils soient générés de deux manières différentes : En effet, (i) les matières fécales déshydratées résultent d’un stockage prolongé dans les TDSUs (Toilette de Déshydratation à Séparation d’Urine), par contre (ii) le compost résulte du co-compostage des déchets organiques mélangés à des boues de décantation ou à des fèces déshydratées.
	28	Puits d’infiltration	Le puits d’infiltration est un trou de gros diamètre creusé dans le sol. Son rôle est de favoriser l’infiltration lente dans le sol des effluents qui y parviennent.
	29	Lit d’infiltration	Le lit d’infiltration est un réseau de conduites perforées disposées dans des tranchées remplies de gravier pour répartir l’effluent issu d’un système de stockage et traitement à base d’eau (à l’instar d’une fosse septique, d’un réservoir de décantation ou d’un filtre planté).

Tableau 5. Valorisation et rejet



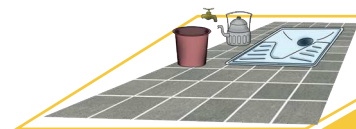




PARTIE 2: CATALOGUE DES FICHES DES TECHNIQUES D'ASSAINISSEMENT RURAL

1. EQUIPEMENT SANITAIRE

01 Cuvette simple sans chasse d'eau



Informations générales

La cuvette simple est un équipement sanitaire qui fonctionne sans siphon hydraulique. Elle est nécessairement associée à un puits perdu ou fosse type latrine traditionnelle (Pit Latrine) ou à une fosse à compost type « Arborloo » (voir les fiches techniques « Latrine traditionnelle » et « Puits d'infiltration »).

La cuvette simple ressemble à une toilette turque sur laquelle l'utilisateur/(trice) peut être en position accroupie; ou en un siège surélevé sur lequel l'utilisateur/(trice) peut être en position assise. Dans les deux cas, les excréta et l'eau de nettoyage anal sont véhiculés dans le puits perdu ou dans la fosse à compost à travers l'orifice de la cuvette.

Autres noms: Cuvette sans siphon hydraulique, dalle, plateforme de toilette, cuvette turque (pour s'accroupir), cuvette anglaise ou siège (pour s'asseoir)

En anglais: Single hole squatting pan (pour s'accroupir), pedestal



Figure 1: Vue en plan de la cuvette simple à position accroupie. Sont visibles l'orifice d'évacuation et les deux marques indiquées pour la pose des pieds (source: Tilley et al., 2008).

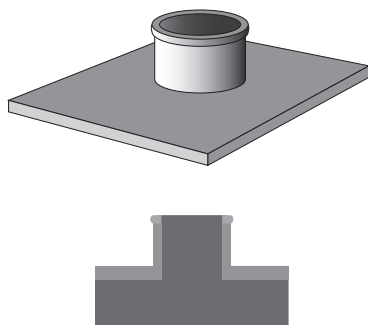


Figure 2: Vue en plan et coupe de la cuvette simple avec siège pour position assise (source: Tilley et al., 2008).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	■
Protection de l'environnement	■
Facilité de mise en œuvre	■
Robustesse de la technique	■
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	■
Coûts et bénéfices	■
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	■

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.

Principes de base

Il s'agit d'une cuvette solidement fixée à une dalle en béton qui permet à l'utilisateur/(trice) de déféquer en toute sécurité. La cuvettes/dalle couvre un puits perdu ou une fosse à compost où sont recueillies les fèces, l'urine et l'eau de lavage anal. L'ensemble peut être placé sous un abri muni d'une porte pour assurer l'intimité de l'utilisateur/(trice) et sa protection contre les intempéries.



Figure 3: Exposition à la vente de cuvettes simples avec couvercle pour la fermeture de l'orifice de défécation entre deux utilisations en Tanzanie (source: EEPCO, 2007).

Conditions d'application

- Les conditions d'application de la cuvette dépendent de l'ouvrage associé qui peut être un puits perdu ou une fosse à compost (voir fiche technique sur la « Latrine traditionnelle »).
- La cuvette à position accroupie peut être transformée en cuvettes à position assise pour les personnes ayant des besoins spécifiques, femmes ayant accouchées par césarienne ou des handicapés/(ées). Les murs latéraux de l'abri doivent alors être équipés de barre d'appui.

NB: La cuvette simple doit être facile à utiliser pour la majorité des personnes.



Figure 4: Cuvette simple équipant une latrine traditionnelle au Burkina Faso (source: A. Fall, 2009).

Options possibles de valorisation

Une réutilisation de la matière carbonée et des nutriments est possible dans le cas d'une latrine raccordée à une fosse à compost (Arborloo) ce qui n'est pas le cas pour une cuvette raccordée à un puits perdu.

Chiffres clés

Dimensionnement/ Conception	Sans objet
Coûts d'investissement	Selon les matériaux (céramique, plastique ou béton) et selon le mode de production (usine ou artisanat).
	Prix typiques au Maroc: <ul style="list-style-type: none"> • Céramique accroupie: 400 MAD (37 Euros) • Béton accroupie: env.100 MAD (9 Euros) • Céramique assise: 400 MAD (37 Euros) • Béton assise: env.100 MAD (9 Euros)
Coûts d'exploitation	Sans objet
Durée de vie	<ul style="list-style-type: none"> • 10 - 20 ans pour celles faites en matières plastiques et en béton • 40 ans pour celles en céramique

Conception et construction

- La cuvette accroupie ou assise doit être bien ancrée à la dalle pour garantir la sécurité de l'utilisateur/trice. La dalle doit également être robuste.
- Il faut assurer l'étanchéité entre la dalle et le puits perdu ou la fosse pour éviter le remplissage rapide de ces derniers par l'eau de ruissellement et l'infiltration des eaux pluviales.
- La cuvette peut être fabriquée localement avec le béton (sable et ciment disponibles). Les versions en fibre de verre, porcelaine et acier inoxydable sont également disponibles.
- Des moules en bois ou métalliques peuvent être utilisés pour produire plusieurs unités rapidement et efficacement.

NB: Quand les cuvettes sont faites localement, elles peuvent être conçues pour satisfaire les besoins des utilisateurs/trices ciblé(e)s (par exemple de plus petite taille pour les enfants).



Figure 5: Cuvette simple dans une latrine traditionnelle au Burkina Faso. Sont visibles la dalle support de la cuvette et la conduite de ventilation de la fosse (source: A. Fall, 2009).

Entretien et maintenance

- La surface sur laquelle l'utilisateur/trice s'accroupit ou s'assoit doit être maintenue propre afin d'empêcher la transmission de pathogènes/maladies et limiter les odeurs.
- L'absence de pièces mécaniques fait que la cuvette simple ne devrait pas nécessiter de réparations mais son remplacement si elle est fendue ou brisée.

Aspects sanitaires et environnementaux

- Les aspects sanitaires et environnementaux associés à la cuvette simple sont ceux des techniques de collecte et de stockage/traitement auxquelles elle est connectée.
- Les mouches et les odeurs peuvent constituer une nuisance étant donnée l'absence du siphon hydraulique, mais cela dépend du type de latrines ou de fosses.

Acceptabilité

La position accroupie est normale pour beaucoup de personnes en milieu rural marocain. Elle est souvent bien acceptée.



Figure 6: Cuvette simple en matières plastiques à position assise manufacturée par Kentainer Ltd., Nairobi, Kenya (source: C. Rieck, 2007).

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> N'exige pas une source permanente d'eau. Peut être construite avec des matériaux locaux. Faible coûts d'investissement et d'exploitation. Appropriée pour tous types d'utilisateurs/trices (position assise, accroupie, nettoyage avec ou sans eau).
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> Les odeurs sont normalement perceptibles parce qu'il n'y a pas de siphon hydraulique même si le puits perdu ou la fosse connectée est équipé d'une conduite de ventilation. Le tas d'excréta est visible sauf si la fosse est profonde. Pas de réutilisation en cas de connexion à un puits perdu.

Exemples au Maroc

La cuvette simple sans siphon hydraulique est un équipement largement utilisé dans le milieu rural du Maroc. Elle est souvent associée à un puits perdu (ou à une fosse à compost) qui collecte et stocke les fèces, l'urine et l'eau de lavage anal (voir fiche technique « Latrine traditionnelle »)



Figure 7: Cuvette simple en céramique sans siphon hydraulique placée dans une toilette rurale avec eau courante au Maroc. Noter l'utilisation d'un bidon en matières plastiques rempli d'eau pour obstruer l'orifice de la cuvette entre deux usages (source: M. Wauthelet, 2012).

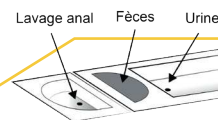
Bibliographie

- (1) Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2) pS-Eau (2010). Guide 4: Choisir des solutions techniques adaptées pour l'assainissement liquide. http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?docu_document_id=2359&l=fr
- (3) SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox. <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/user-interface/dry-toilet>
- (4) Grela, M. R. (2004). Guide technique pour les systèmes d'assainissement autonome, Rapport provisoire – version 07. Royaume du Maroc Office National de l'Eau Potable (ONEP) et FAO. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1997>
- (5) Naji, S. (1990). Guide pratique pour techniciens: Assainissement rural, Ecole Mohammedia d'Ingénieurs, Maroc. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2003>
- (6) Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>



EQUIPEMENT SANITAIRE

02 Cuvette à séparation d'urine sans chasse d'eau



Informations générales

La cuvette à séparation d'urine (ou cuvette à trois orifices) est un équipement sanitaire qui fonctionne sans siphon hydraulique. Elle permet la séparation de l'urine, des fèces et de l'eau de lavage anal (dans le cas de cuvette à séparation d'urine) chacun étant récupéré à part.

Autres noms: Toilette sans siphon hydraulique avec séparation d'urine ; toilette à 3 compartiments, cuvette triple avec séparation d'urine et de l'eau de lavage anal.

En anglais: Urine diversion squatting pan, urine diversion pedestal/toilet, three-hole urine diversion squatting pan, urine-diverting dry toilet.

La cuvette à séparation d'urine est supportée par une plateforme/dalle sur laquelle l'utilisateur/trice peut être en position accroupie ou assise. Les excréta tombent dans la chambre de déshydratation, l'urine est recueillie séparément dans un bidon, et l'eau de lavage anal collectée puis appliquée sur un petit filtre à gravier réservé à cet usage. Il est conseillé de se référer aux fiches techniques « chambre de déshydratation » et « stockage d'urine » pour un complément d'information sur ces deux techniques. L'ensemble s'appelle « toilette de déshydratation à séparation d'urine (TDSU) » ou « toilette sèche avec séparation d'urine (TSSU) ».

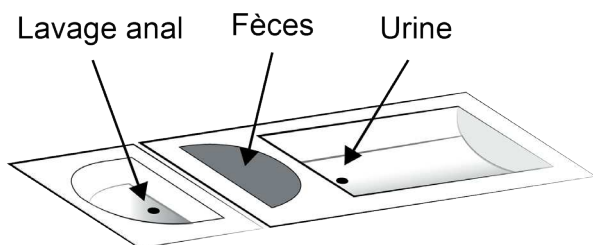


Figure 1: Principe de la cuvette à séparation d'urine. Le troisième orifice est réservé au lavage anal (source: Tilley et al., 2014).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	■
Protection de l'environnement	■
Facilité de mise en œuvre	■
Robustesse de la technique	■
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	■
Coûts et bénéfices	■
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	■

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.

Principes de base

- L'urine est collectée et drainée dans la partie « avant » de la cuvette à séparation d'urine alors que les fèces chutent dans la fosse de déshydratation par un grand orifice situé au milieu. L'eau de lavage anal quitte la cuvette par un troisième orifice permettant sa séparation de l'urine et des fèces.
- Il est important que les sections de la toilette soient bien séparées pour s'assurer que: a) les fèces ne tombent pas et n'obstruent pas la partie de collecte d'urine située à l'avant, et que b) l'urine ou l'eau de lavage anal ne débordent pas vers la partie sèche de la toilette.
- L'objectif est que les différents flux restent séparés et que les fèces restent sèches.
- Une toilette assise ou une cuvette peut être utilisée pour séparer l'urine des fèces selon la préférence de l'utilisateur/trice.
- Pour accélérer la déshydratation, un adjuvant - qui peut être de la cendre, de la sciure de bois ou du compost - peut être utilisé pour couvrir les fèces après chaque défécation.



Figure 2: Cuvette à séparation d'urine d'une double TDSU dans une maison à Herat, Afghanistan. Le pan en bois à gauche couvre la deuxième cuvette située sur le second orifice de défécation (source: N. Khawaja, 2010).

- Généralement l'orifice des fèces doit être obstrué à l'aide d'un couvercle. Malgré que les fèces desséchées n'attirent pas les mouches ni d'autres vecteurs, l'usage du couvercle peut éviter les infestations possibles. Par ailleurs, les couvercles placés sur les cuvettes constituent une mesure supplémentaire pour que l'eau ne passe pas dans l'orifice des fèces.



Figure 3: A gauche: Toilette assise en céramique à séparation d'urine et une cuvette pour le lavage anal également en position assise aux Philippines (source: D. Lapid, 2007). A droite: Un siège à séparation d'urine en plastique moulé pour les enfants en Afrique du Sud (source: B. Lewis, EnviroSan, 2008).

Conditions d'application

Voir fiche technique « Chambre de déshydratation » et « Stockage de l'urine ».

Options possibles de valorisation

La cuvette à séparation d'urine est utilisée pour obtenir la séparation des fèces et d'urine ce qui facilite leur traitement et maximalise le bénéfice à tirer de la réutilisation de chacune des deux composantes. Plus de détails sont donnés dans les deux fiches techniques « Fertilisation par l'urine » et « Fertilisation par des fèces déshydratées ».

Chiffres clés

Dimensionnement/ Conception	Sans objet
Coûts d'investissement	Cuvette à séparation d'urine: 400 MAD (37 Euros)
Coûts d'exploitation	Sans objet
Durée de vie	<ul style="list-style-type: none"> 10 à 20 ans pour celles faites en matières plastiques et en béton 40 ans pour celles en céramique

Conception et construction

- La cuvette à séparation d'urine doit être simple à l'usage, facile à nettoyer, robuste, plaisante sur le plan esthétique et résistante aux mauvais usages. Les matériaux pouvant conduire à une surface lisse comme la céramique, les matières plastiques, la fibre de verre, la porcelaine, en terre cuite ou en béton imperméabilisé, sont fortement recommandés.
- Le recours au béton permet de réduire le coût des cuvettes en les produisant sur le site même. Malheureusement, la surface du béton est abrasive et légèrement poreuse ce qui la rend sujette aux émanations d'odeurs et présente un aspect sale. Une couche de vernis ou d'imperméabilisants commerciaux peut régler ces problèmes.
- La taille de la cuvette à séparation d'urine peut être adaptée aux populations ayant des besoins spécifiques (handicapés), aux enfants ainsi que selon la préférence (position accroupie ou assise des utilisateurs/utilisatrice).

Nettoyage anal avec de l'eau:

- L'intégration d'un bassin pour l'eau de lavage anal se traduit par l'ajout d'un troisième orifice dans la cuvette à position accroupie ou bien à travers la mise en place d'une bassine séparée.
- Pour les toilettes assises, une bassine ou une zone délimitée adjacente à la toilette sur le sol est aménagée.
- Il est recommandé de couvrir l'orifice dédié aux fèces pendant le lavage anal pour minimiser le passage de l'eau dans la chambre de déshydratation.
- L'orifice de la cuvette de lavage anal doit être connecté à une conduite d'évacuation. Cette eau doit être récupérée et traitée séparément ou avec les eaux grises.

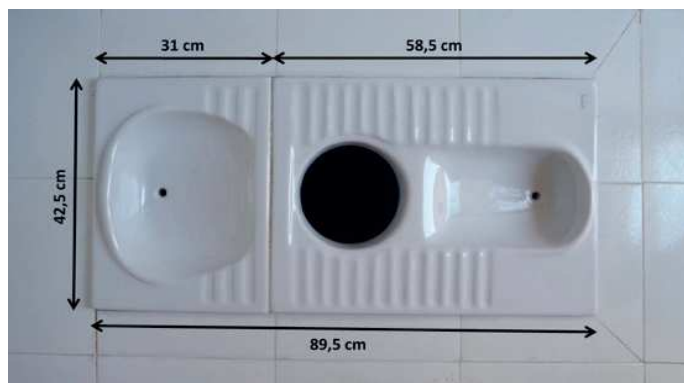


Figure 4: Cuvette à séparation d'urine produite au Maroc (source: AGIRE, 2015).

Fixation de la cuvette au sol:

- La toilette assise ou la cuvette à position accroupie doivent être fermement fixées au sol pour assurer la sécurité de l'utilisateur/trice. Les pourtours doivent être scellés à l'aide de silicone ou autre produit interdisant l'infiltration de l'eau entre la cuvette et le sol.
- Dans le cas d'une TDSU à double chambres, où le transfert de la cuvette d'un emplacement vers l'autre est nécessaire, des fixations amovibles et des joints anti-infiltration doivent être utilisés. Une meilleure approche consiste à installer deux cuvettes et de couvrir celle qui n'est pas utilisée.
- La cuvette peut être légèrement surélevée par rapport à la dalle pour réduire le risque d'infiltration de l'eau vers la chambre de déshydratation. L'élévation peut être obtenue à l'aide de tuiles en céramique ou de béton moulé.



Figure 5: Cuvette en plastique à deux sorties produite au Maroc; A gauche: orifice fèces, à droite: orifice urine (source: AGIRE, CIZ, 2015).

Entretien et maintenance

- Pour le nettoyage, une brosse à toilette ou une éponge imbibée peut être utilisée pour essuyer l'intérieur de la cuvette. Lors du nettoyage à l'eau de la toilette, une attention particulière doit être observée pour que l'eau de nettoyage n'atteigne pas la chambre de déshydratation des fèces.
- Un entretien occasionnel est recommandé pour prévenir le bouchage de la conduite d'évacuation de l'urine.

Blocage de la partie « urine »:

- L'utilisation inappropriée de la toilette peut conduire à un bouchage de la conduite d'évacuation de l'urine par les dépôts accidentels, d'objets, de déchets solides, de fèces ou d'adjuvant dans la section urine. La stagnation d'urine suite au bouchage génère des odeurs nauséabondes qui peuvent empêcher l'utilisation de la

toilette.

- Il est parfois recommandé de mettre un morceau de toile à tamis avec un grand maillage pour empêcher le passage d'objets solides dans la conduite urine et de la boucher. En même temps, la présence de cette toile rappelle à l'usager que l'orifice protégé sert uniquement pour l'évacuation des liquides



Figure 6: Deux modèles différents de toilettes en céramique à séparation d'urine produites en Inde. À gauche: cuvette assise; à droite: cuvette accroupie à séparation d'urine (source: SHITAL Ceramic Works).



Figure 7: Cuvette à séparation d'urine pour une TDSU avec deux chambres de déshydratation sans section de lavage anal à Nairobi, Kenya; l'orifice d'évacuation de l'urine est commun aux deux orifices pour fèces dont seul celui de droite est en utilisation (source: E. von Muench, 2013).

Aspects sanitaires et environnementaux

S'agissant d'un équipement sanitaire et non d'une unité technique, la cuvette à séparation d'urine ne représente pas, en tant que telle, un risque sanitaire ou environnemental.

NB: Associée à une chambre de déshydratation, la cuvette à séparation d'urine devient une part de la technique TDSU dont les principaux problèmes sanitaires et environnementaux sont décrits dans la fiche technique « chambre de déshydratation ».

Acceptabilité

- La cuvette à séparation d'urine n'est pas intuitive ou immédiatement évidente pour tous les utilisateurs/trices.
- Au début, certains utilisateurs/trices peuvent être hésitants(es) à l'utiliser et des erreurs (par exemple, fèces dans l'orifice d'urine) peuvent décourager d'autres personnes à accepter ce type de toilette.
- La sensibilisation et les projets de démonstration sont utiles pour l'acceptation de cette toilette par les utilisateurs/trices.



Figure 8: Exemple de toilette à séparation en Chine. (à gauche). La photo en à droite montre une cuvette à séparation d'urine avec un dispositif automatique pour ouvrir une trappe (voir flèches) vers la chambre de déshydratation (source: Werner, GIZ, 2007).

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • N'exige pas une source d'eau permanente. • Faible coût d'investissement. • Peu d'odeurs et de vecteurs (mouches) si la cuvette à séparation d'urine (et la TDSU) est utilisée et maintenue correctement. • Appropriée pour toutes les utilisations: position assise, accroupie, avec ou sans nettoyage anal à l'eau. • Facilite la réutilisation quand elle est associée à une TDSU.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • L'éducation et l'acceptation de l'utilisateur/trice est nécessaire et pas souvent facile.

Exemples au Maroc

En collaboration avec des usines locales le programme AGIRE a développé la production de toilette assise et de cuvette à position accroupie à séparation d'urine en céramique et en stratifié de verre et résine à des prix qui n'excèdent pas celui des cuvettes conventionnelles.

NB: Voir la fiche d'information « Chambre de déshydratation » pour des exemples au Maroc.



Figure 9: Deux cuvettes à séparation d'urine pour une TDSU à deux chambres à Dayet Ifrah, Maroc (en haut) (source: R. Ingle, 2012) et à Aït Idir, Maroc (source: AGIRE, 2015).

Bibliographie

- (1) Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrügg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2) SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment> (cliquez sur « user interface »)
- (3) Rieck, C., von Münch, E., Hoffmann, H. (2012). Technology review of urine-diverting dry toilets (UDDTs) - Overview on design, management, maintenance and costs. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Germany, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/874>
- (4) Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>

EQUIPEMENT SANITAIRE

03 Cuvette à chasse manuelle ou mécanique



Informations générales

La cuvette à chasse manuelle ou à chasse mécanique munie d'un siphon hydraulique est un équipement sanitaire, constituée d'une dalle munie de deux pose-pieds placés de part et d'autre de l'orifice d'évacuation des fèces.

Pour évacuer les matières fécales et rincer la cuvette l'eau de chasse est transportée par l'utilisateur/trice à l'intérieur de la toilette. Dans le cas des branchements individuels d'eau potable, l'eau de chasse est prélevée à l'aide d'un récipient à partir du robinet généralement situé à l'intérieur de la toilette.

La cuvette à chasse mécanique est habituellement construite en céramique ou en plastique ou un béton est produite en série à l'usine. Elle est directement branchée sur le réseau d'eau potable. L'utilisateur/trice déclenche la chasse à l'aide d'un mécanisme qui libère l'eau du réservoir qui à son tour emporte les matières fécales à travers l'orifice d'évacuation. Quand le ménage n'est pas raccordé à un réseau d'eau sous pression, la cuvette à chasse mécanique peut être utilisée comme une cuvette à chasse manuelle.

Autres noms: Dalle, cuvette avec siphon hydraulique, pose-pieds d'accroupissement

En anglais: Pour flush toilet, flush toilet, cistern-flush toilet, WC, squatting pan

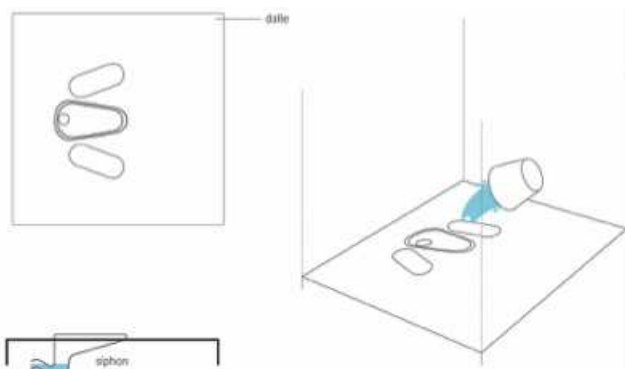


Figure 1: Concept et principe de fonctionnement de la cuvette à chasse manuelle (source: Tilley et al., 2008).

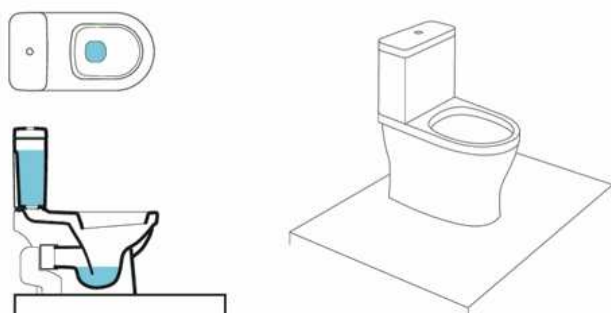


Figure 2: Concept et principe de fonctionnement de la cuvette à chasse mécanique (source: Tilley et al., 2008).

Critères de durabilité

Appréciation

Protection de la santé	■
Protection de l'environnement	■
Facilité de mise en œuvre	■
Robustesse de la technique	■
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	■
Coûts et bénéfices	■
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	■

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.

Principe de fonctionnement

Cuvette à chasse manuelle:

- Le siphon empêche la remontée des odeurs et des insectes en provenance de la conduite, de la fosse ou du puits perdu.
- Environ 2 à 3 litres peuvent habituellement suffire à évacuer les fèces.
- C'est la combinaison d'une quantité d'eau déversée et la force du jet d'eau qui assure l'évacuation des fèces à travers le siphon.
- Pour réduire les besoins en eau, il est recommandé de collecter séparément le papier et les autres matériaux de nettoyage anal.
- Le siphon doit avoir 10 cm de diamètre environ.
- Pour minimiser la quantité d'eau de chasse, la profondeur optimale du siphon doit être de 20 cm environ.
- Le siphon doit être fabriqué en matières plastiques ou en céramique pour éviter les bouchages et faciliter le nettoyage. Il est conseillé d'éviter le béton qui peut s'obstruer plus facilement s'il est rugueux.

Cuvette à chasse mécanique:

- L'aspect attrayant de la cuvette à chasse mécanique réside dans son siphon bien étudié qui facilite le passage des fèces et empêche efficacement les odeurs de remonter par la tuyauterie. Pour une bonne évacuation, la cuvette nécessite entre 3 à 10 litres d'eau selon son état et sa conception.
- Au déclenchement du mécanisme de chasse, l'eau stockée dans le réservoir situé au-dessus de la cuvette est libérée à grand débit. Ceci permet à l'eau d'emporter les fèces.
- Il existe maintenant des cuvettes à faible volume qui

utilisent moins de trois litres d'eau par chasse mais qui ne sont pas encore largement diffusées.

- Il faut s'assurer, lors de l'installation de la cuvette, que le robinet de raccordement au réseau ne fuit pas et que le mécanisme d'arrêt de remplissage ne soit pas défaillant pour éviter les pertes d'eau

Conditions d'application

- La disponibilité de l'eau en quantité suffisante constitue la principale condition d'application tant pour la cuvette à chasse manuelle que celle à chasse mécanique.
- L'élément fondamental de l'équipement reste le siphon hydraulique dont le fonctionnement est également conditionné par la disponibilité d'eau.
- Pour bénéficier des avantages que procure la cuvette à chasse mécanique, il faut que l'approvisionnement en eau sous pression soit assuré. En cas de rupture momentanée, un volume suffisant d'eau doit être versé dans la cuvette pour assurer une chasse manuelle.
- Le recours à la cuvette à chasse mécanique ne doit être considérée que si les pièces de raccordement ainsi que les accessoires sont disponibles localement.
- De préférence, la cuvette à chasse mécanique ne peut être adoptée que dans les projets qui envisagent une collecte par réseau collectif suivi d'un traitement des eaux usées.



Figure 3: Cuvette en céramique à chasse dans l'école de Dayet Ifrah, Maroc (source: R. Ingle, 2009).



Figure 4: Cuvette à chasse mécanique dans une toilette desservant des bureaux à Damas, en Syrie. Noter le tuyau utilisé pour la lavage anal (source: E. von Muench, 2009).

Options possibles de valorisation

Les cuvettes de toilette sont des équipements sanitaires qui sont bien en amont de la réutilisation. Elles constituent néanmoins des maillons importants dans la collecte des eaux usées qui peuvent être réutilisées après un traitement adéquat.

Chiffres clés

Dimensionnement/ Conception	Sans objet
Quantité d'eau utilisée	<ul style="list-style-type: none"> • Cuvette à chasse manuelle: 2 à 3 litres • Cuvette à chasse mécanique: 3 à 10 litres
Coûts d'investissement	Coût de la cuvette en céramique ou en béton: 200 à 300 MAD/unité (18 à 27 Euros)
Coûts d'exploitation	Coût de l'eau de chasse (facture mensuelle)
Durée de vie	<ul style="list-style-type: none"> • 10-20 ans pour celles faites en matières plastiques et en béton • 40 ans pour celles en céramique

Conception et construction

- Une cuvette à chasse d'eau manuelle est constituée d'une dalle en béton qui assure la sécurité de l'utilisateur/trice sur laquelle est scellée une cuvette de défécation accroupie munie d'un siphon hydraulique.
- La cuvette à chasse d'eau mécanique peut être à position assise grâce au siège muni d'un réservoir fabriqué en céramique ou à position accroupie.
- La mise en place et le raccordement au réseau d'eau potable nécessitent des compétences en plomberie et en maçonnerie.

Entretien et maintenance

- L'absence de pièces mécaniques fait que la cuvette à chasse ne devrait pas nécessiter de réparations mais son remplacement si elle est fendue ou brisée.
- Bien que l'eau de chasse nettoie constamment la cuvette à chasse manuelle ou mécanique, celle-ci doit être nettoyée régulièrement pour éviter l'accumulation des produits organiques et des tâches. Un entretien est nécessaire pour le remplacement ou la réparation de quelques pièces ou garnitures mécaniques.

Aspects sanitaires et environnementaux

- Les aspects sanitaires et environnementaux associés à la cuvette à chasse sont ceux des techniques de collecte et de stockage/traitement auxquelles elle est connectée.
- Les mouches et les odeurs ne peuvent pas constituer une nuisance étant donnée la présence du siphon hydraulique.
- La cuvette à position assise avec siège peut en absence d'un entretien adéquat aider à la transmission des maladies fongiques ou parasitaires de la peau étant donné le contact avec le siège.

Acceptabilité

- La cuvette à chasse manuelle évite aux utilisateurs/trices de voir ou d'avoir un contact avec les excréta de l'utilisateur/trice qui précède d'où sa bonne acceptabilité.
- L'utilisateur/trice doit penser et avoir à sa portée un récipient avec de l'eau ce qui est moins confortable que la cuvette à chasse mécanique. Cette dernière étant en permanence connectée et alimentée en eau d'où sa bonne acceptabilité.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Le siphon empêche efficacement les odeurs et les insectes de passer de la fosse ou du réseau d'égout vers le cabinet puis vers la maison. • La cuvette à chasse est appropriée pour tous types d'usages (position assise, accroupie, nettoyage sans eau, avec eau). • Le niveau de confort est élevé. • Installation et réparation de plomberie sont possibles localement. • Le siphon hydraulique empêche les solides de passer et d'obstruer le système de collecte et empêche le passage des odeurs et des mouches. • La toilette peut être associée à un système d'assainissement et de réutilisation.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité d'une source d'eau permanente et sous pression pour la chasse mécanique ce qui peut se traduire par une facture de consommation d'eau élevée. • Nécessité d'une collecte et d'un traitement des eaux usées et des boues de vidange en aval. • La gestion des eaux usées issues des cuvettes à chasse peut se révéler compliquée et coûteuse selon la méthode de collecte et de traitement choisie. • Certaines méthodes de réutilisation ne peuvent plus être appliquées à cause de la dilution des excréta.

Exemples au Maroc

- La cuvette à chasse manuelle à position accroupie domine dans les habitations, les mosquées, les hammams et les écoles du milieu rural.
- La cuvette assise à chasse mécanique se généralise petit à petit dans les habitations de la classe moyenne des douars et chefs-lieux des communes rurales « urbanisés ».

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)pS-Eau (2010). Guide 4: Choisir des solutions techniques adaptées pour l'assainissement liquide. http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?docu_document_id=2359&l=fr
- (3)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/site-storage-and-treatments/septic-tank>
- (4)Grela, M. R. (2004). Guide technique pour les systèmes d'assainissement autonome, Rapport provisoire – version 07. Royaume du Maroc Office National de l'Eau Potable (ONEP) et FAO. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1997>
- (5)Grela, M. R. (2006). Manuel technique pour la conception, le dimensionnement, l'implantation, la construction et l'exploitation des systèmes d'épuration des eaux usées adaptés à des installations de petite capacité. Partie II Petite collectivités. FAO et Office National de l'Eau Potable (ONEP) de Maroc, Rome. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1650>
- (6)Naji, S. (1990). Guide pratique pour techniciens: Assainissement rural.

Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Maroc. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2003>

(7)ONEP (2005). Guide pour l'assainissement liquide des douars marocains. Office National de l'eau potable (ONEP), Banque Mondiale, Maroc. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1649>

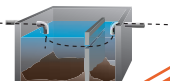
(8)Xanthoulis, D. et al (2008). Les techniques d'épuration des eaux usées à faibles coûts. EU project on Development of Teaching and Training Modules for Higher Education on Low-Cost Wastewater Treatment, Contract VN/Asia-Link/012. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1725>

(9)Liste de documents (contient documents dans la partie 1a sur les aspects de traitement): http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/2013-02-gt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf

(10)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>

FICHES COLLECTE ET TRAITEMENT SUR SITE

FICHES COLLECTE ET TRAITEMENT SUR
SITE



2. COLLECTE ET TRAITEMENT SUR SITE

04 Fosse septique

Informations générales

Une fosse septique est une cuve étanche construite en béton ou fabriquée en fibre de verre, en PVC ou en matières plastiques. Il s'agit d'une unité d'assainissement dont le rôle est le traitement préliminaire des eaux usées. Dans la fosse, les processus de décantation et de biodégradation anaérobie réduisent les matières solides et organiques, mais le traitement reste limité. En effet, il est admis qu'une fosse septique bien entretenue assure un traitement primaire efficace et une liquéfaction des rejets indispensable à la phase d'épuration de l'eau située en aval.

La fosse septique n'assure qu'un traitement partiel des eaux usées. Pour atteindre un niveau de traitement compatible avec le rejet ou la réutilisation, une fosse septique doit être reliée à une tranchée ou à un lit d'infiltration ou puits d'infiltration (voir fiche techniques « Tranchées et lit d'infiltration » et « puits d'infiltration ») ou filtres plantés, Elle peut aussi être connectée à un réseau de collecte simplifié, décanté existant ou à réaliser qui mène à une unité d'épuration centralisée.

Autres noms: Fosse toutes eaux, fosse de prétraitement, décanteur (grand volume)

En anglais: Septic tank

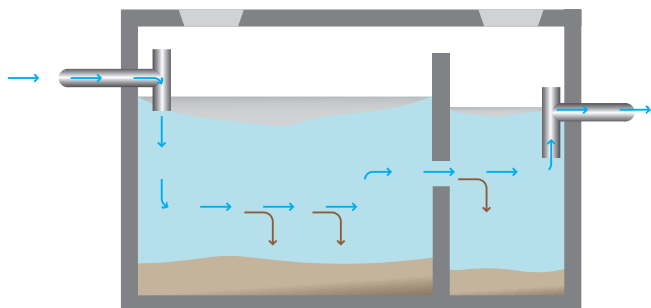


Figure 1: Principe de la fosse septique (source: Tilley et al., 2008).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>
Protection de l'environnement	<div style="width: 10%; height: 10px; background-color: red;"></div>
Facilité de mise en œuvre	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>
Robustesse de la technique	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>
Coûts et bénéfices	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.

Principes de base

Une fosse septique est typiquement constituée d'au moins deux compartiments. Le premier doit couvrir la moitié de la longueur ou les 2/3 quand la fosse ne comporte que deux compartiments. La plupart des matières solides se décantent dans le premier compartiment.

La cloison ou la séparation placée entre les compartiments empêche l'écume et les matières solides de s'échapper avec l'effluent. La conduite de sortie est munie d'un té pour empêcher le passage de l'écume avec l'effluent à la sortie de la fosse.

Au cours du passage des eaux usées dans la fosse, les particules lourdes sédimentent au fond, alors que l'écume (huile et graisse) est piégée en surface. Les graisses, huiles et autres matériaux plus légers que l'eau flottent à la surface et constituent une couche d'écume susceptible de se transformer en croûte assez dure. Ainsi, les liquides se déplacent entre cette croûte et le dépôt.



Figure 2: Vue de dessus d'une fosse septique à plusieurs compartiments, avant placement des dalles supérieures (source: Tilley et al., 2008).

La matière organique retenue dans la fosse est dégradée dans des conditions anaérobies. Cependant, la vitesse d'accumulation des boues est supérieure à celle de la dégradation, d'où une accumulation des boues et la nécessité de procéder à l'évacuation des boues de la fosse à intervalle régulier.

Une fosse septique reliée à une tranchée ou à un puits d'infiltration peut être plus tard reliée à un réseau d'égout décanté ou à tout système d'assainissement.

NB: Etant donnée la nécessité d'une vidange régulière, il y a lieu de prévoir un accès facile pour un camion de vidange.

Conditions d'application

- La fosse septique associée à un puits d'infiltration ou similaire n'est applicable que dans les zones où le sol possède des caractéristiques de bonne perméabilité permettant l'infiltration de l'effluent, mais à condition qu'il n'y ait pas de risques pour la nappe et que la réutilisation de l'eau ne soit pas possible ou non désirée.
- Quoique la fosse septique soit étanche, elle ne devrait pas être construite dans les zones où le niveau de la nappe est faible ni en zone inondable.
- La fosse septique est appropriée là où il y a une possibilité de traiter ou infiltrer les eaux usées traitées.
- Puisque la fosse septique doit être vidangée régulièrement, un camion vidangeur (ou un système de vidange manuel, mécanisé) doit pouvoir accéder aux installations. Une fosse septique installée à proximité immédiate d'une habitation peut compliquer les opérations de vidange.
- Si des fosses septiques sont utilisées dans des zones d'habitation denses, leurs effluents ne peuvent pas faire l'objet d'infiltration in situ. Dans une telle situation, il est recommandé de raccorder les fosses septiques à des conduites pour acheminer l'effluent vers un site de rejet approprié ou vers une unité de traitement.
- Des fosses septiques de grande capacité avec plusieurs compartiments peuvent être conçues pour des groupes d'habitations et/ou de bâtiments publics comme des écoles, des administrations etc...
- L'utilisation de savon ordinaire en quantité normale ne devrait guère affecter le processus de digestion. En revanche, l'emploi de désinfectants nuit à l'efficacité voire à la durabilité du processus.

NB: La fosse septique peut être installée dans tout type de climat, bien que l'efficacité soit affectée dans les climats froids.

Options possibles de valorisation

- Les effluents sortant des fosses septiques ont une forte charge en polluants et en pathogènes. Leur rejet dans des canaux ou dans des drains de surface constitue un risque sanitaire et environnemental qu'il faut éviter. Il est fortement recommandé, aussi, de ne pas permettre une réutilisation des effluents provenant des fosses septiques sans un traitement complémentaire approprié.
- Les boues récupérées lors des vidanges des fosses septiques peuvent théoriquement être traitées puis réutilisées. Cependant, il est très difficile de mener cette opération dans des conditions sanitaires parfaites étant donné la charge importante en pathogènes.



Figure 3: Fosse septique préfabriquée pendant la phase de mise en place, USA (source: Skips Septic Tank Service, Inc., 2013).

Chiffres clés

Temps de rétention	48 heures
Fréquence de vidange	Tous les 2 à 5 ans
Dimensions intérieurs typiques des compartiments	Le premier compartiment doit avoir au moins 50% de la longueur de la fosse et 66% (2/3) quand il y a seulement deux compartiments.
Dimensions pour une fosse septique d'un ménage typique (5 personnes)	Le premier compartiment doit avoir au minimum 0,9 m de large et 1,5 m de long. La profondeur de la fosse peut varier de 1,2 m à 1,8 m.
Coûts d'investissement	Varie selon la taille, le type de sol et le coût des matériaux (maçonnerie, béton ou plastique).
Coûts d'exploitation	Correspond au coût de vidange et d'évacuation des boues vers un site approprié.
Durée de vie	Elle dépend des matériaux de construction (bétons: 15 - 30 ans; matières plastiques: 30 ans).

Conception et construction

Une fosse septique est une unité de traitement primaire. Elle permet de retenir et digérer partiellement les solides mais elle n'affecte que faiblement la pollution soluble. La fosse doit être suivie d'une unité de traitement additionnelle permettant d'achever le traitement et d'atteindre une qualité compatible avec les normes de rejet ou de réutilisation.

La conception d'une fosse septique dépend du nombre d'utilisateurs/trices, de la quantité d'eau consommée par personne, de la température moyenne annuelle, de la fréquence de vidange et des caractéristiques des eaux usées. Le temps de rétention doit être de 48 heures.

Une fosse septique est constituée:

- d'un tuyau équipé d'un té ou d'un coude amenant les eaux usées dans la fosse;
- d'un premier compartiment qui assure la décantation des boues au fond et le piégeage en surface d'une écume de graisses et d'huiles;
- d'un tuyau de ventilation dans le premier compartiment qui rejette les gaz (polluants) formés par les bactéries anaérobies;
- d'une cloison placée entre les deux compartiments munie d'une ouverture située à mi-hauteur (ou un tuyau équipé d'un té);
- d'un deuxième compartiment qui permet la décantation des éléments solides restant en suspension;

- d'un tuyau d'évacuation équipé d'un té relié à un système d'infiltration ou à un réseau d'égouts.

Le principal critère de conception de la fosse est le dimensionnement des différents compartiments, en fonction des volumes d'eaux usées rejetées, dans l'objectif d'avoir un traitement optimal.

NB: En dehors des standards existants sur le marché, la conception et la construction d'une fosse septique requiert des connaissances et de l'expérience.



Figure 4: Fosses septiques derrière des habitations en Indonésie (source: Norm van't Hoff, 2003).

Entretien et maintenance

- La fosse septique doit être régulièrement contrôlée pour s'assurer de son étanchéité, et du niveau d'écume et de boues. Il faut procéder à une vérification annuelle pour s'assurer de leur bon fonctionnement.
- En raison des équilibres écologiques dans la fosse, on doit prendre soin de ne pas y déverser des produits chimiques notamment ceux connus pour leur effet létal sur les microorganismes.
- Pour assurer le bon fonctionnement de la fosse septique, les boues doivent être évacuées selon la fréquence déterminée lors de la conception tous les 2 à 5 ans à l'aide d'un camion vidangeur ou manuellement moyennant des précautions.

Aspects sanitaires et environnementaux

- Bien que l'élimination des germes pathogènes ne soit pas élevée, les utilisateurs/trices ne sont pas en contact avec les eaux usées (à l'exception des vidangeurs/euses).
- Les utilisateurs/trices doivent faire attention en ouvrant la fosse en raison des gaz nocifs et inflammables (biogaz) qui peuvent s'en échapper. La fosse septique doit être munie d'une conduite de ventilation, quand elle est enterrée.
- Un camion de vidange doit être utilisé pour vidanger les boues de la fosse septique. Les utilisateurs/trices ne doivent pas vidanger la fosse eux-/elles-mêmes sauf avec des techniques de vidange manuelle appropriées, voir fiche technique sur « vidange et transport manuels ».

Acceptabilité

Cette technique est généralement bien acceptée par les utilisateurs/trices car ils (elles) sont habitué(e)s à son adoption et parce qu'on ne constate à aucune nuisance visuelle vu la position souterraine des canalisations.



Figure 5: Fosse septique dans une école au Sud de Marrakech, Maroc (source: M. Wauthélet, 2012).

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Peut être construite et réparée avec des matériaux locaux. • Longue durée de vie. • Aucun problème réel de mouches ou d'odeurs si utilisée correctement. • Faible coût d'investissement; frais d'exploitation modérés (en fonction des coûts de la vidange).
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Requiert une source permanente d'eau pour la chasse. • L'effluent de la fosse septique et les boues nécessitent un traitement secondaire et/ou une mise en décharge ou traitement adapté. • Produit du biogaz qui n'est pas capturé et contribue aux émissions des gaz à effet de serre (méthane et CO2). • Le gaz est malodorant et doit être, de préférence, conduit au-dessus des habitations. • Haut risque de contamination des eaux souterraines à moins que le niveau de la nappe soit très bas ou que le sol permette un traitement suffisant pour la rétention des pathogènes et des nitrates. • Risque sanitaire pour les personnes impliquées dans la vidange de la fosse septique. • La réutilisation des excréta doit être limitée sinon interdite (une partie de l'azote est perdue par passage dans l'eau souterraine; le contenu élevé en pathogènes rend difficile le traitement et l'utilisation saine des boues fécales).

Exemples au Maroc

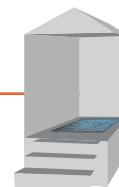
- La fosse septique est une technique très répandue dans les zones rurales à habitat concentré et la périphérie des grandes villes. Quand elles sont construites pour servir plusieurs centaines d'habitant(e)s, elles souffrent de l'absence d'un prétraitement d'où une accumulation de déchets divers qui encombrant inutilement les fosses et perturbent leur circuit hydraulique.
- Souvent, ce sont les puits perdus non étanches qui sont utilisés en milieu rural. Toutefois, une tendance au développement des fosses septiques est constatée au fil des années.
- Sur le plan réglementaire, relatif à l'assainissement rural en particulier, de la loi sur l'eau 36-15 mentionne « qu'il est interdit de rejeter des eaux usées [...] dans les oueds à sec, dans les puits, abreuvoirs et lavoirs publics, forages, canaux ou galeries de captage des eaux. Seule est admise l'évacuation des eaux résiduaires ou usées domestiques dans des puits filtrants précédés d'une fosse septique ».



Figure 6: Fosse septique collective construite pour le village de Lalla Takerkoust, Province d'Al Haouz, Maroc (source: B. El Hamouri, 2014).

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbügg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland.
<http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)pS-Eau (2010). Guide 4: Choisir des solutions techniques adaptées pour l'assainissement liquide. http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?document_id=2359&l=fr
- (3)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/site-storage-and-treatments/septic-tank>
- (4)Grela, M. R. (2004). Guide technique pour les systèmes d'assainissement autonome, Rapport provisoire – version 07. Royaume du Maroc Office National de l'Eau Potable (ONEP) et FAO. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1997>
- (5)Grela, M. R. (2006). Manuel technique pour la conception, le dimensionnement, l'implantation, la construction et l'exploitation des systèmes d'épuration des eaux usées adaptés à des installations de petite capacité. Partie II Petite collectivités. FAO et Office National de l'Eau Potable (ONEP) de Maroc, Rome. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1650>
- (6)Naji, S. (1990). Guide pratique pour techniciens: Assainissement rural. Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Maroc. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2003>
- (7)ONEP (2005). Guide pour l'assainissement liquide des douars marocains. Office National de l'eau potable (ONEP), Banque Mondiale, Maroc. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1649>
- (8)Xanthoulis, D. et al (2008). Les techniques d'épuration des eaux usées à faibles coûts. EU project on Development of Teaching and Training Modules for Higher Education on Low-Cost Wastewater Treatment, Contract VN/Asia-Link/012. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1725>
- (9)Liste de documents (contient documents dans la partie 1a sur les aspects de traitement): http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/2013-02-gt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf
- (10)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>



COLLECTE ET TRAITEMENT SUR SITE

05 Fosse simple

Informations générales

La latrine traditionnelle est un moyen d'assainissement autonome (individuel ou groupé) très répandue à travers le monde. Elle se compose d'une dalle ou d'un plancher ou une cuvette, munie d'un trou de défécation placé au-dessus d'une fosse. La cuvette peut être à siphon hydraulique (voir fiche technique « Cuvette ou toilette à chasse manuelle ») ou sans siphon hydraulique (voir fiche technique « Cuvette simple »). Si la latrine est équipée d'une cuvette à chasse manuelle, et qu'elle est raccordée à une fosse extérieure, une conduite inclinée est placée entre la cuvette et la fosse souvent appelée puits perdu (ou puits perdant).

L'abri offre l'intimité à l'utilisateur. Il est muni d'une porte et d'ouvertures aménagées à la partie supérieure pour l'évacuation des gaz. Ces ouvertures doivent être protégées à l'aide de moustiquaires pour lutter contre les insectes (mouches et moustiques). En dehors des temps d'utilisation le trou d'évacuation peut être fermé à l'aide d'un tampon (bloc en bois, béton ou pierre) avec ou sans poignée.

Autres noms: Fosse, latrine simple/traditionnelle, latrine simple à fosse non ventilée, puits perdu ou puits perdant (ces appellations n'ont pas la même signification)

En anglais: Pit latrine, simple pit latrine, long drop toilet, dry toilet, pour flush latrine

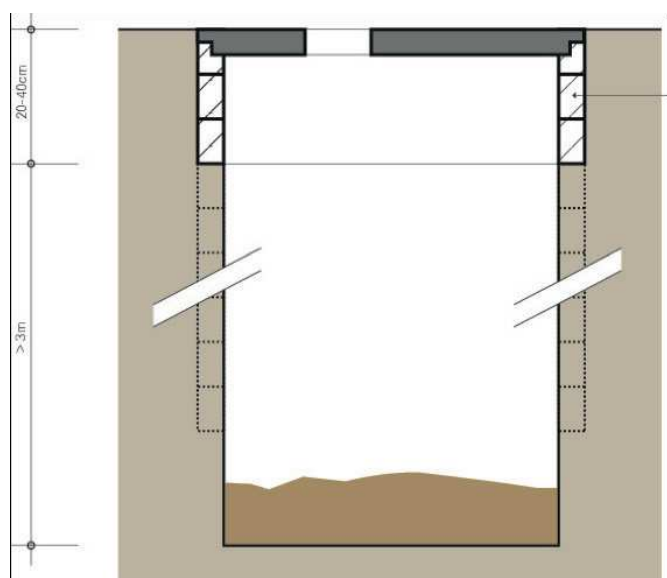


Figure 1: Coupe longitudinale de la fosse d'une latrine traditionnelle, montrant le trou de défécation dans la dalle couvrant la fosse (noter que la superstructure (l'abri) n'est pas représentée sur le schéma) (source: Tilley et al., 2008).

NB: Dans cette fiche technique, nous désignons sous l'appellation « latrine traditionnelle » une latrine simple avec fosse. Une fois pleine, la fosse est, soit abandonnée soit vidangée à l'aide de seaux et de pelles. Le contenu des latrines où l'eau est utilisée pour la chasse est plus fluide et peut être pompé pour faciliter la vidange.

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	■
Protection de l'environnement	■
Facilité de mise en œuvre	■
Robustesse de la technique	■
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	■
Coûts et bénéfices	■
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	■

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.

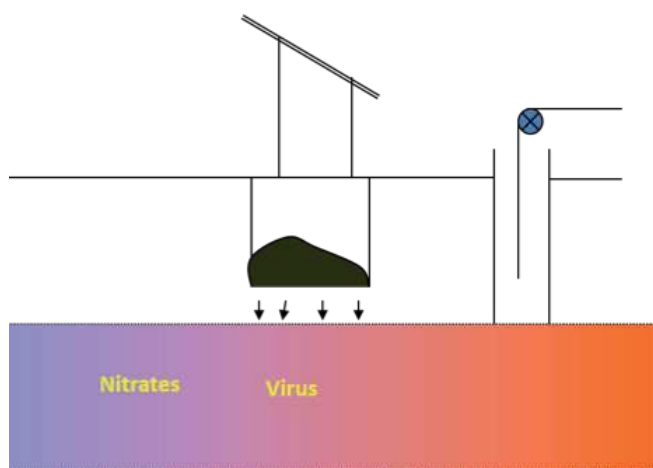


Figure 2: Latrine avec fosse simple et contamination de la nappe phréatique (source: GIZ/ecosan, C. Werner, 2010).

Principes de base

- Le confinement des excreta au sein de la fosse limite la transmission des pathogènes. L'urine et l'eau de lavage anal s'infiltrent dans le sol. En principe, les pathogènes sont partiellement arrêtés par la matrice non saturée du sol. Le degré d'élimination des pathogènes varie avec le type de sol, la distance à parcourir, l'humidité et d'autres facteurs environnementaux.
- Il est difficile d'estimer la distance nécessaire à respecter entre une fosse et le point d'eau le plus proche. Une distance de 30 m est généralement recommandée pour limiter la contamination chimique et biologique.
- Les excreta et les matériaux de nettoyage anal (eau ou matières solides) sont déposés dans la fosse où ils subissent une biodégradation lente d'où une accumulation nette de matières solides non biodégradables (et une partie biodégradable) qui remplissent inévitablement la fosse avec le temps.
- Les fosses des latrines traditionnelles ne sont généralement pas vidangées, mais on procède plutôt au creusement

d'une nouvelle à proximité de la fosse remplie. Ceci constitue un obstacle dans les zones peuplées souffrant du manque de terrain ce qui revient à éviter cette technique dans ces circonstances.

- Dans les zones avec un sol rocailleux, une variante de la latrine traditionnelle dotée d'une fosse peu profonde non maçonnée peut être utilisée.



Figure 3: A gauche: Latrine traditionnelle à Nairobi, Kenya (source: D. Mbalo, 2012). A droite: Repose-pieds et trou de défécation installés sur une latrine traditionnelle à Lima, Pérou (source: C. Olt, 2009).



Figure 4: Latrine traditionnelle munie d'un conduit de ventilation à Maseru, Lesotho (source: E. von Muench, 2006).

Condition d'acceptabilité

- La latrine traditionnelle est seulement applicable pour les zones rurales peu peuplées et quand le niveau piézométrique de la nappe souterraine est profond.
- La latrine traditionnelle n'est pas appropriée pour les zones avec les sols rocheux ou compacts (difficiles à creuser) ou au niveau zones inondables.

Options possibles de valorisation

- La latrine traditionnelle n'est pas recommandable dans les projets de réutilisation car les eaux sont infiltrées dans le sol.
- Les boues de vidanges récupérées après la vidange de la fosse pourraient théoriquement être traitées; cependant, il est difficile de mener à bien une telle action dans des conditions hygiéniques parfaites étant donnée la forte charge de ces boues en pathogènes.
- L'azote est perdu, par ailleurs, pour la réutilisation car l'urine (principale source d'azote) s'infiltré dans le sol.

Bonne pratique:

Pour les latrines dotées d'une fosse peu profonde non maçonnée creusée dans un sol rocailleux, il est possible de couvrir de feuillage et de combler de terre la fosse pleine et y planter un petit arbre. Ce concept (« Arborloo ») permet d'éviter des vidanges coûteuses des matières solides, de contenir les excréta et de reboiser l'endroit initialement occupé par la fosse.

Chiffres clés

Taux d'accumulation des solides	<ul style="list-style-type: none"> • 40 à 60 litres par personne/an (en moyenne) • Jusqu'à 90 litres par personne/an si des matériaux de nettoyage tels que des feuilles, des journaux, et du papier de toilette sont utilisés.
Volume de la fosse	Généralement 1 à 3 m ³
Profondeur et diamètre de la fosse	Généralement une profondeur de 3 m jusqu'à 7 m et 1 m à 3 m de diamètre
Coûts d'investissement	Selon le type de sol, des matériaux pour les murs au-dessus et sous plancher (maçonnerie, bton), de la cuvette (béton, céramique, en plastique), et de la taille (profondeur de la fosse)
Coûts d'exploitation	Le prix de la vidange représente l'essentiel du coût d'exploitation. Dans le cas où la fosse n'est plus vidangée, le coût d'exploitation serait celui de la réalisation d'une nouvelle fosse.
Durée de vie	5 à 10 ans (selon la profondeur, certaines fosses peuvent durer jusqu'à 20 ans sans être vidangées)

Conception et construction

- Le principal critère de conception est le volume de la fosse, qui doit être dimensionné en fonction du nombre d'utilisateurs/trices pour limiter la fréquence des vidanges ou de construction de nouvelles fosses.
- En moyenne, le taux d'accumulation des boues va de 40 à 60 litres par personne/an et jusqu'à 90 litres par personne/an si des matériaux de nettoyage (feuilles, journaux, papier de toilette) sont utilisés.
- La fosse devrait être conçue pour contenir au moins 1000 litres. Idéalement, la fosse doit avoir une profondeur de plus de 3 m pour au moins 1 m de diamètre. Si le diamètre de la fosse est supérieur à 1,5 m, les risques d'effondrements sont plus importants.
- La durée de vie de certaines fosses peut aller jusqu'à 20 ans. Cette durée dépend de la profondeur de la fosse.
- La construction d'une latrine simple nécessite une

formation préalable du maçon/(nne) à la réalisation d'infrastructures (dalle de défécation, dimensionnement et construction de la fosse) dans les règles de l'art.

- Si le sol est instable (c.-à-d. présence de sable ou de gravier ou de matériaux organiques), maçonner la fosse la renforce et l'empêche de s'effondrer et fournit un appui à la superstructure. Le fond de la fosse ne doit pas être renforcé pour permettre l'infiltration des liquides hors de la fosse.
- Il est recommandé de ne pas déverser les eaux grises et pluviales pour éviter le remplissage rapide de la fosse. Le nettoyage anal peut cependant être réalisé avec de l'eau.
- Le lieu d'implantation de la latrine ne doit pas être dans une zone inondable qui risque de faire déborder la fosse et de la rendre temporairement inutilisable.
- La latrine traditionnelle doit être construite à une distance appropriée des maisons pour minimiser les nuisances liées à la prolifération des insectes et le désagrément du aux mauvaises odeurs.
- La latrine améliorée à fosse ventilée (VIP en anglais) est une évolution possible, en effet:
 - Le flux d'air continu par la conduite de ventilation extrait les odeurs et agit comme un piège à insectes lorsqu'ils s'échappent vers la lumière.
 - La VIP est légèrement plus chère mais elle réduit considérablement les nuisances des mouches et des odeurs tout en augmentant le confort et l'usage.
 - Quand deux fosses sont creusées côte-à-côte, une peut être utilisée pendant que le contenu de l'autre fosse se décompose pour une vidange plus sûre.
 - La conduite de ventilation a un diamètre intérieur d'au moins 110 mm, et atteint plus de 30 cm au-dessus du toit de la superstructure de la toilette.



Figure 5: Construction d'une fosse simple pour un « Arborloo » à Zimbabwe (source: P. Morgan, SuSanA, 2009)

Entretien et maintenance

- Il n'y a aucun entretien quotidien de la latrine traditionnelle sauf le nettoyage régulier de la latrine par les utilisateurs/trices.
- La fosse est abandonnée lorsque le niveau des matières atteint les 2/3 de sa profondeur totale ou quand le niveau supérieur des excréta atteint environ 50 cm du trou de défécation. Une nouvelle fosse est construite et reliée à la superstructure à l'aide d'une conduite inclinée.

- Dans le cas d'une cuvette avec siphon hydraulique, la superstructure est généralement décalée par rapport à la fosse. Dans ces conditions, la fosse reste accessible pour la vidange.
- Dans le cas d'une cuvette sans siphon hydraulique, la superstructure est placée au-dessus de la fosse. La vidange de la fosse peut être, dans ces conditions, plus difficile.
- La fosse abandonnée doit être comblée de terre et laissée pour deux années au moins pour que les matières solides puissent être relativement stabilisées.
- Une fois la durée de stabilisation terminée, le contenu de la fosse est évacué pour permettre l'utilisation de la fosse une seconde fois.
- Les matières solides évacuées peuvent servir comme fertilisants organique.
- Le nettoyage de la latrine doit être effectué avec des produits désinfectants. La vidange -si elle est en fait effectuée- doit être réalisée de préférence par un professionnel/lle agréé/e.

Aspects sanitaires et environnementaux

Une latrine traditionnelle constitue une amélioration par rapport à la défécation en plein air; cependant, elle pose toujours des risques sanitaires, en effet:

- Le lixiviat peut polluer les eaux souterraines;
- L'eau stagnante dans la fosse, quand elle est colmatée, peut favoriser la prolifération d'insectes;
- Les fosses sont susceptibles de s'effondrer ou de déborder pendant les inondations.

Acceptabilité

- L'acceptabilité sociale est assurée pour les personnes femmes et hommes qui n'ont pas accès à un autre moyen d'assainissement.
- La bonne appropriation vient également de l'habitude surtout qu'il s'agit du moyen d'assainissement «traditionnel» dans le milieu rural (avec ou sans siphon hydraulique, associé à un puits perdu ou à une fosse simple).

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Peut être construite et réparée par des matériaux locaux. • Peut être utilisée immédiatement et facilement après la construction. • Faible coût d'investissement. • Une source d'eau permanente n'est pas nécessaire.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Prolifération possible de mouches et d'odeurs. • La toilette ne doit pas être construite au sein ni attenante aux maisons. • Risque élevé de la contamination des eaux souterraines à moins que ces dernières soient profondes et que le sol traversé permette un traitement ou une rétention des pathogènes (les nitrates ne sont pas retenus). • Nécessité d'abandonner la fosse considérée comme pleine et creuser une deuxième. • En cas de vidange, le traitement des boues est nécessaire. • Le vidange de la fosse peut représenter un risque sanitaire élevé pour les personnes impliquées. • La réutilisation des excréta est très limitée voire interdite: Un niveau élevé de pathogènes rend difficile le traitement et la réutilisation saine des boues fécales.

Exemples au Maroc

Les latrines traditionnelles sont très répandues en milieu rural au Maroc. Une fosse remplie est souvent abandonnée et remplacée par une nouvelle fosse.

Au Maroc, la fosse est souvent creusée en forme de cône avec une section plus importante sur le fond. Elle est généralement garnie de grosses pierres entre lesquelles percolent les matières fécales.



Figure 6: Latrine simple au Maroc (source: M. Wauthelet, 2012).



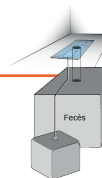
Figure 7: Effondrement d'une fosse de latrine traditionnelle. La latrine est située à l'intérieur de l'habitation; alors que la fosse est creusée sous une piste publique à Douar Chouirij, Province d'Al Haouz, Maroc. La plaque métallique est pour éviter des risques de chute des passants(es) dans la fosse. La pierre est pour empêcher la plaque d'être déplacée (source: El Hamouri, 2013).

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrügg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)pS-Eau (2010). Guide 4: Choisir des solutions techniques adaptées pour l'assainissement liquide. http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?docu_document_id=2359&l=fr
- (3)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox. <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/site-storage-and-treatments/pit-latrine>
- (4)Still, D., Foxon, K., O'Riordan, M. (2012). Tackling the challenges of full pit latrines - Volumes 1 to 3. WRC Report No. 1745/1/12, Water Research Commission, South Africa. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1712>
- (5)Grela, M. R. (2004). Guide technique pour les systèmes d'assainissement autonome, Rapport provisoire – version 07. Royaume du Maroc Office National de l'Eau Potable (ONEP) et FAO. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1997>
- (6)Naji, S. (1990). Guide pratique pour techniciens: Assainissement rural. Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Maroc. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2003>
- (7)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>

COLLECTE ET TRAITEMENT SUR SITE

06 Chambre de déshydratation des fèces (pour la TDSU)



Informations générales

Les chambres de déshydratation sont l'élément central de la «Toilette de Déshydratation et Séparation d'Urine» (TDSU). Elles sont utilisées pour collecter, stocker et sécher (déshydrater) des fèces. Les fèces se déshydratent rapidement si l'urine, l'eau de nettoyage anal, les eaux pluviales et les eaux de douche sont séparées des fèces. En absence d'humidité, les pathogènes sont détruits et les odeurs sont réduites.

Commentaire: Cette fiche d'information fournit également des informations sur la TDSU comprenant des chambres de déshydratation. Les autres éléments importants de la conception d'une TDSU sont les cinq éléments suivants (voir les autres fiches techniques) : Cuvette triple avec séparation d'urine et d'eau de lavage anal; stockage d'urine; fertilisation par l'urine; vidange et transport manuels; fertilisation par des fèces déshydratées.

Autres noms: Chambre de stockage de fèces, fosse de stockage/séchage

En anglais: Dehydration vaults or chambers ; en anglais pour TDSU: Urine-diverting dry toilet (UDDT)

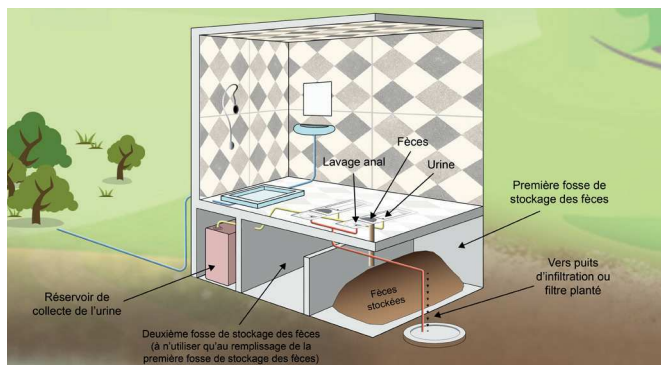


Figure 1: Le principe des chambres de déshydratation d'une TDSU: Vue en coupe. Les deux chambres de déshydratation sont appelées « Ch F1 » et « Ch F2 » ici (source: GIZ AGIRE, 2014).

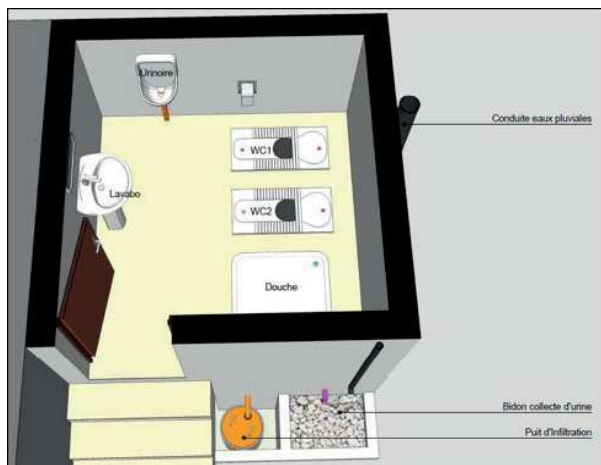


Figure 2: Le principe des chambres de déshydratation d'une TDSU: Vue en plan. Les chambres de déshydratation sont sous le plancher (source: GIZ AGIRE, 2014).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div></div>
Protection de l'environnement	<div></div>
Facilité de mise en œuvre	<div></div>
Robustesse de la technique	<div></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div></div>
Coûts et bénéfices	<div></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div></div>

: Point fort de l'équipement. : moyen. : faible.

Principes de base

- L'objectif du traitement des fèces par des TDSUs est d'obtenir un produit sec, inodore, inoffensif et partiellement stérilisé qui peut sans risque être collecté et transporté lors de la vidange des chambres et lors de la réutilisation. Le but n'est généralement pas d'éliminer tous les pathogènes dans les fèces (y compris les œufs des helminthes), d'ailleurs cela ne peut être garanti dans des conditions normales quel que soit le type de TDSU.
- Un traitement efficace des fèces par des TDSUs est assuré par un stockage pour plusieurs mois sans ajouter de nouvelles fèces.
- Il y a plusieurs designs de TDSUs: cette fiche est axée sur la TDSU à double chambre, mais il y a quand même des TDSUs à une chambre dans laquelle est placé un bac de collecte. Il y des TDSUs à position accroupie ou assise; l'assise peut être en forme d'un banc sur lequel l'utilisateur/ère est assis(e); elle peut être dans l'habitation, connectée ou séparée de celle-ci.
- Pour l'eau de nettoyage anal, une cuvette appropriée (voir fiche technique « Cuvette triple avec séparation d'urine et d'eaux de lavage anal ») doit être installée pour la collecter séparément.



Figure 3: Chambres de déshydratation à Dayet Ifrah. A gauche: Vue des fèces en cours de déshydratation, à droite: vidange des fèces déshydratées (source: GIZ AGIRE, 2013).

TDSU à deux chambres:

Ces toilettes sont construites avec deux chambres alternées permettant aux fèces de se déshydrater dans une chambre tandis que l'autre se remplit.

Quand une chambre est pleine, elle est scellée avec un couvercle et la deuxième chambre est utilisée. Pendant que la deuxième chambre se remplit, les fèces dans la première chambre sèchent lentement et diminuent en volume.

Quand la deuxième chambre est pleine, elle est scellée. Le matériau séché de la première chambre est enlevé, et cette dernière est alors mise à nouveau en service.

TDSU à une chambre:

Le stockage dans une chambre unique d'une TDSU est à très courte période voir non possible. Il est alors nécessaire de prévoir un ou plusieurs bacs pour recueillir et enlever les fèces.

Des fèces containerisées des TDSUs à une chambre doivent toujours être traitées avant de les réutiliser (ce n'est pas nécessaire pour les TDSUs à deux chambres après la période de stockage prévue, voir ci-dessous).

Conditions d'application

- Une TDSU peut être installée dans presque chaque habitat rural ou urbain dense. Elle est appropriée pour les ménages, les écoles, les marchés et autres établissements publics. L'intégration de la toilette dans la maison et les bâtiments est possible et constitue un grand avantage comparé aux latrines.
- Les TDSUs sont particulièrement appropriées dans les zones suivantes:
 - là où l'eau est rare ou chère (climats arides ou semi-arides);
 - étendues péri-urbaines ou pauvres, là où les coûts d'assainissement sont prohibitifs;
 - terrains inondables là où des latrines et fosses septiques seraient noyées et inopérables et conduiraient alors à une contamination des ressources en eau (des chambres étanches hors sol d'une TDSU peuvent être construites au-dessus de la limite des crues);
 - terrains complexes, comme des zones rocheuses ou des niveaux piézométriques de nappe faibles qui rendent l'assainissement à base de fosses difficile et coûteux;
 - là où la nappe est l'unique source d'eau potable et peut facilement être contaminée par des latrines ou fosses;
 - là où l'espace est limité et où l'excavation de nouvelles latrines (pour remplacer des latrines remplies) est difficile ou impossible;
 - zones d'agriculture avec une faible fertilité des sols.

Options possibles de valorisation

- Les chambres de déshydratation et la cuvette avec les trois compartiments d'une TDSU permettent la valorisation en agriculture des nutriments et de la matière organique contenus dans les fèces.
- La proximité d'un champs de culture ou d'un jardin favorise véritablement la valorisation que si les distances sont grandes et si des frais de transport sont à prévoir.

NB: Pour plus d'informations, voir la fiche d'information sur « Fertilisation par les fèces déshydratées » et « Fertilisation par l'urine ».

Volume des chambres	En moyenne 500 litres par chambre pour un ménage de 4 à 10 habitants
Dimensions intérieures d'une chambre	Une chambre standard de 500 litres mesure 0,8 m de long, 0,8 m de large et 0,8 m de haut. Pour les modèles construits par GIZ-AGIRE à Dayet Ifrah, les dimensions sont :1,1 m de longueur par 0,6 m de largeur par 0,6 m de hauteur (400 litres).
Remplissage et Stockage en chambre	Les valeurs recommandées varient de six mois à deux ans dépendant de la planification de la vidange et de la réutilisation. Au Maroc, 1 an de stockage est généralement recommandé.
Coûts d'investissement	2200 à 4400 MAD (200 à 400 Euros) pour une TDSU entière* par ménage
Coûts d'exploitation	55 à 165 MAD/an (5 à 15 Euros/an) pour l'entretien et la vidange régulière d'une TDSU. Il faut compter 1/2 homme jour pour la vidange d'une chambre (80 MAD/hj).
Durée de vie	10 à 15 ans ou plus (voir 50 ans si elle est construite en béton)

* Source : GIZ, Khayati (2012)

Conception et construction

Une TDSU comporte une à deux chambres de déshydratation pour collecter les fèces, surmontées d'une dalle de défécation et une porte qui permet un accès aisé pour les vidanges.

La dalle au-dessus de chaque chambre est munie d'un trou de défécation avec séparation d'urine et d'eau de lavage anal. Le trou pour l'urine est relié par un tuyau au bidon de son stockage. Le trou pour l'eau de lavage anal peut être relié par exemple à un puits d'infiltration.

- Les chambres doivent être construites avec des blocs scellés ou du béton armé pour éviter l'intrusion et d'eau de drainage de surface, de pluie ou aussi les eaux grises et l'urine.
- La construction d'une TDSU demande des compétences moyennes à élevées, avec une formation préalable du maçon/nne.

Durée de stockage et volume de la chambre à collecte:

La durée de stockage recommandée par l'OMS (WHO, 2006, tableau 4.5) s'élève à au moins un an sans addition de nouvelles matières fécales pour des températures extérieures de 20 à 35°C et à 1,5 à 2 ans pour des températures extérieures de 2 à 20°C.

Les expériences pratiques à travers le monde concluent qu'une approche moins prudente peut être pratiquée dans la plupart des circonstances. Rieck et al. (2012) et recommandent une durée de stockage de fèces d'au moins 6 mois dans des TDSU à deux chambres pour tous les climats; mesurée à partir du dernier apport de fèces.

Un stockage de 6 mois est donc normalement suffisant pour déshydrater les fèces et obtenir un produit sec, inodore, inoffensif et partiellement stérilisé. Une durée de stockage de 12 mois est plus appropriée pour des climats froids et humides où une déshydratation suffisante peut durer plus de temps. Normalement, une période de stockage élevée conduit à un

produit final moins humide et moins pathogène.

Une recommandation conservative pour le Maroc rural Marocain

Concernant le stockage, il est préférable d'adopter pour chaque chambre un dimensionnement pour un an d'accumulation de fèces suivi d'un an de séchage dans la chambre hors service.

Le volume et les dimensions de la chambre à déshydratation sont déterminés par des facteurs suivants: le volume des matières fécales et la période requise de stockage.

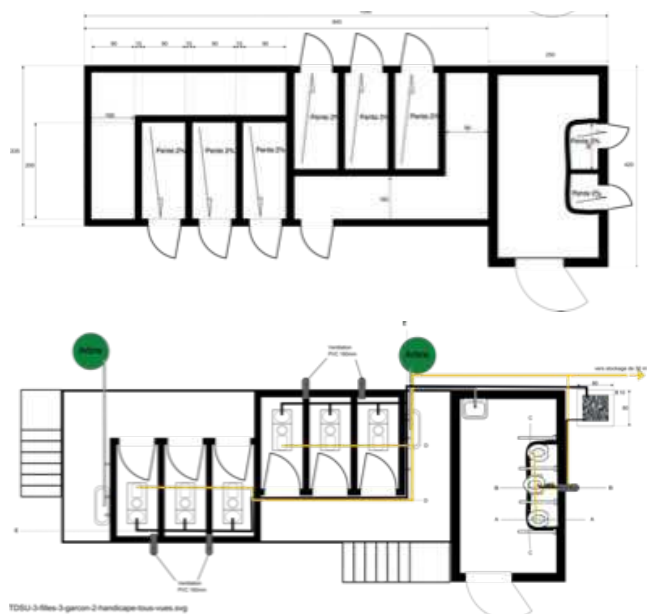


Figure 4: TDSU de l'école d'Aït Idir, en haut: Vue des chambres de déshydratation et en bas: Vue des cuvettes pour garçons, filles et handicapés (source: GIZ AGIRE, février 2015).

Portes des chambres et systèmes de ventilation:

Les portes doivent être faciles à maintenir et à construire en utilisant des matériaux stables et résistants dans le temps (tôles galvanisées et peintes, bois traité, dalles en béton, tuiles et mortier ou des panneaux en plastique).

Les portes verticales simplifient la conception et l'installation et réduisent à cet effet les coûts. Il est donc recommandé de construire des portes verticales et non inclinées.

Un système de ventilation (simple tube d'évacuation ou tube équipé de ventilateurs et moustiquaires) est exigé pour aider à maintenir les chambres sèches, éviter l'arrivée des insectes et les dégagements des odeurs.

Un tuyau d'aération est placé entre les deux fosses (un tuyau pour chaque chambre est souvent utilisé mais n'est pas strictement nécessaire).

Entretien et maintenance

- Pour accélérer la déshydratation et pour prévenir le dégagement des odeurs et la prolifération des insectes, un adjuvant (p.ex. de la cendre, de la sciure de bois ou du compost, de la terre sèche, de la chaux) doit être ajouté après chaque défécation. Cela crée aussi une barrière visuelle pour le (la) prochain (e) usager(ère).
- Il est important de maintenir le système et de prévenir le bouchage de la conduite d'évacuation d'urine et du tube de ventilation.

- Un équipement sanitaire (pelle, gants et masque protecteur) est nécessaire pour limiter le contact avec les fèces sèches durant la vidange. La vidange des fèces séchées dans la chambre non-utilisée est à réaliser avec une pelle et un seau.



Figure 5: TDSU en cours de construction dans une école à Aït Idir (source: C. Brand, April 2015).

Aspects sanitaires et environnementaux

- Les fèces séchées pendant un temps suffisant (une année et plus) sont à très faible risque sanitaire (beaucoup moins que les boues de vidange des latrines traditionnelles ou les fosses septiques).
- Pour éviter le moindre risque, il faut éviter le contact direct avec les fèces séchées et mettre les équipements sanitaires nécessaires (voir la fiche technique « Vidange et transport manuels »).
- Les Toilettes de Déshydratation et Séparation d'Urine offrent plusieurs avantages l'environnementaux:
 - (1) fonctionnement sans eau;
 - (2) pas d'odeurs si utilisées et maintenues correctement;
 - (3) les matières fécales traitées sont sèches, sans odeur et moins offensives;
 - (4) n'attire pas de mouches ou d'autres vecteurs;
 - (5) les matières fécales traitées sont partiellement stérilisées et plus sécuritaires à manipuler;
 - (6) l'utilisation de chambres hors sol ou de bacs enterrés accessibles facilite la vidange;
 - (7) le risque de contamination des eaux souterraines et superficielles est minime;
 - (8) la possibilité de construire hors sol facilite la construction dans des terrains complexes, comme p.ex. des sols rocaillieux ou instables ou avec de faibles niveaux piézométriques des nappes;
 - (9) il y a la possibilité de construire des TDSUs tout près ou dans l'habitation ce qui améliore la sécurité et le confort des utilisateurs/trices.

Acceptabilité

- Pour la plupart des usager(s)/(ères), la TDSU est un concept nouveau. Un design de toilettes simple, des fiches d'instructions et des exercices pratiques pour la formation de l'usager/(ère) permettent une meilleure appropriation et une bonne gestion des TDSU.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Les fèces déshydratées extraites des chambres de déshydratation sont inodores et bien hygiénisées. • L'enlèvement des fèces séchées est plus facile et plus sécurisée que celle des boues de vidange des fosses septiques ou latrines. • La construction et la réparation de l'ouvrage sont facilement possibles localement. • Les coûts d'exploitation sont faibles. • Une source d'eau permanente n'est pas nécessaire. • Absence de mouches et d'odeurs si l'ouvrage est utilisé correctement • Conçue pour favoriser la réutilisation des excréments.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite l'information et l'appropriation par les usager(s)/(ères) pour un bon fonctionnement. • Requiert un lieu d'utilisation/décharge pour l'urine et les fèces (s'il y a des champs où on peut valoriser les excréta). • La vidange des fèces est à réaliser manuellement et plus fréquemment en comparaison avec une latrine traditionnelle.

Exemples au Maroc

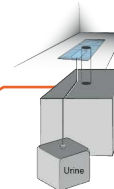
Parmi les exemples à citer est celui du douar de Dayet Ifrah au Maroc où il y a actuellement quatre TDSUs en usage. Ces toilettes fonctionnent depuis 2009 et les utilisateurs/trices sont très satisfait(e)s selon les enquêtes effectuées. D'autres villageois(e)s veulent avoir aussi les mêmes toilettes, mais n'ont pas suffisamment de moyens financiers pour les construire eux (elles)-mêmes.



Figure 6: Vue d'une TDSU à Dayet Ifrah, durant la construction (à gauche), Maroc. La toilette contient une douche et est accolée à la maison (source: GIZ/AGIRE, 2010).

Bibliographie

- (1)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/site-storage-and-treatments/uddt>
- (2)Khiyati, M. (2012). Estimation du coût de construction des systèmes d'assainissement écologiques rural - Projet Pilote Dayet Ifrah, GIZ-AGIRE, Maroc, <http://www.susana.org/lang-en/library/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1730>.
- (3)Rieck, C., von Münch, E., Hoffmann, H. (2012). Technology review of urine-diverting dry toilets (UDDTs) - Overview on design, management, maintenance and costs. Deutsche Gesellschaft fuer Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Germany. <http://www.susana.org/lang-en/library/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=874>
- (4)WHO (2006). WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater - Volume IV: Excreta and greywater use in agriculture. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland. <http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1004>
- (5)Liste de documents (contient documents dans la partie 1a sur les aspects de traitement) : http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/2013-02-gt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf
- (6)Les expériences du projet pilote à Dayet Ifrah, divers documents. <http://www.susana.org/lang-en/library?search=dayet+ifrah>
- (7)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>



COLLECTE ET TRAITEMENT SUR SITE

07 Stockage de l'urine

Informations générales

Pour les toilettes à séparation d'urine, le stockage de l'urine constitue une opération incontournable. Il facilite soit l'utilisation locale de l'urine comme fertilisant, soit son transport hors-site. Le système de stockage n'est pas nécessaire dans certaines localités rurales où l'urine est utilisée comme fertilisant durant l'année entière.

Le stockage de l'urine dans des containers ou réservoirs fermés est une option pratique et viable de traitement de l'urine en vue de son utilisation comme fertilisant. Les recherches menées sur la valorisation agricole de l'urine ont montré l'efficacité de son stockage pour son hygiénisation, durant quelques semaines ou mois, avant son application au champ. Le réservoir de stockage doit être déplacé ou transvasé dans un container plus adapté pour le transport.

Autres noms: Hygiénisation de l'urine

En anglais: Urine storage

Commentaire:

Le stockage d'urine peut concerner aussi bien les toilettes à chasse d'eau que les toilettes de déshydratation à séparation d'urine (TDSU).



Figure 1: A gauche: stockage d'urine en jerrycan placé sous un urinoir à Dayet Ifrah (source: M. Wauthélet, 2010). A droite: bidons de stockage de l'urine à Ouagadougou, Burkina Faso (source: Tapsoba, 2009).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	■
Protection de l'environnement	■
Facilité de mise en œuvre	■
Robustesse de la technique	■
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	■
Coûts et bénéfices	■
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	■

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.

Principes de base

Gestion du stockage et transport:

Le stockage de l'urine dans des réservoirs permet de:

- Assurer une capacité de stockage suffisante pour minimiser la fréquence de prélèvement, laquelle dépend du nombre d'utilisateurs/trices et du temps requis pour l'hygiénisation de l'urine avant sa valorisation en agriculture
- Accumuler (stocker) l'urine pour faire coïncider l'apport avec la saison de croissance des cultures
- Faciliter le transport de l'urine par le transvasement séquentiel depuis les réservoirs fixes vers des containers mobiles

Hygiénisation de l'urine:

Au moment de son élimination du corps, l'urine d'une personne en bonne santé ne contient pas ou peu de pathogènes. Mais, dans une toilette à séparation, des pathogènes d'origine fécale peuvent contaminer l'urine; appelée « contamination croisée de l'urine ». Dans de telles circonstances, l'utilisation des urines comme fertilisant peut constituer un risque de transmission de maladies pendant son application au champ ou pendant la manutention, la récolte ou la consommation. L'approche multi-barrière avec un traitement approprié doivent être adoptés pour réduire le risque sanitaire.

Le risque de la contamination de l'urine par les matières fécales est plus élevé pour les installations à grande échelle, comme les toilettes publiques qui sont fréquentées par un grand nombre d'utilisateurs/ères peu familiarisés(es) avec les cuvettes à séparation d'urine. En revanche, le risque est moindre pour les installations à l'échelle des ménages avec des utilisateurs/trices familiers avec l'installation.

Au cours du stockage de l'urine, l'urée se décompose en ammoniac (NH_3) et en dioxyde de carbone (CO_2) ce qui conduit à une élévation du pH qui peut atteindre des valeurs supérieures à 9. De telles valeurs sont connues pour être capables de neutraliser les pathogènes. A retenir à cet effet que:

- Combiner une durée prolongée de stockage de l'urine à des températures au-dessus de 20°C favorisent l'élimination des pathogènes.
- La durée de stockage recommandée varie en fonction de la température ambiante, du type de collecte (individuel ou collectif) et du devenir des denrées fertilisées par l'urine (consommées crues ou après conditionnement par le ménage ou destinées à la vente).

Les durées de stockage d'hygiénisation précisées ci-dessous peuvent être recommandées dans la plupart des situations rencontrées:

- Une à deux semaines pour les systèmes installés dans les ménages quand l'urine est utilisée dans le potager

- familial et quand le produit est, de préférence, cuit et entièrement consommé par les membres du ménage.
- Pour les installations à grande échelle, et pour les cas où les produits fertilisés sont consommés par des tiers, un stockage d'au moins un mois est requis.
 - Une durée pareille est recommandée dans le cas d'une fertilisation de fourrage et des denrées consommées après cuisson.
 - Une durée de six mois est recommandée pour la fertilisation des denrées consommées à l'état cru.



Figure 2: A gauche: Collecte d'urine dans un container en matières plastiques de 20 L (source: H. Hoffmann, 2009). A droite: Container de 20 l placé dans une loge additionnelle en Zambie; à noter que le diamètre du tuyau de collecte est trop faible (source: R. Ingle, 2010).

Conditions d'application

- L'installation des réservoirs est requise en présence d'une toilette à séparation d'urine ou d'urinoirs quand un besoin en urine pour son utilisation comme fertilisant se manifeste.
- Les réservoirs de stockage d'urine s'avèrent être le meilleur moyen d'hygiéniser l'urine car ils peuvent être utilisés partout et sans contraintes.
- Les réservoirs doivent nécessairement être bien scellés pour éviter les fuites par évaporation et volatilisation.

Options possibles de valorisation

Le stockage de l'urine permet sa valorisation en tant que source de nutriments, voir la fiche d'information sur la « Fertilisation par l'urine ».

Chiffres clés

Durée requise de stockage pour l'hygiénisation	1 à 2 semaines (à l'échelle d'un ménage), 1 à 6 mois à grande échelle, en fonction du type de culture fertilisée.
Conduite de raccordement de la toilette à réservoir de collecte	Diamètre minimum de 50 mm; une pente minimum de 5% est à respecter
Production d'urine	1,5 L/personne/jour (valeur de dimensionnement inférieure pour les enfants/filles,
Coûts d'investissement	Prix des bidons (de récupération) selon la capacité: pour 20/60/200/1000 litres le prix est respectivement 25/100/250/900 MAD (2/9/23/82 Euros) (le nombre ou le volume des réservoirs de stockage requis dépend de la taille du ménage, et le temps entre deux applications)
Coûts d'exploitation	Pas de maintenance proprement dite sinon le remplacement d'un réservoir abîmé
Durée de vie	10 à 15 ans ou plus (jusqu'à 50 ans si le réservoir est construit en béton)

Conception et construction

- Le réservoir de stockage doit être convenablement dimensionné pour s'adapter au nombre d'utilisateurs/trices et au temps requis pour l'hygiénisation de l'urine
- Pour mettre en œuvre le stockage de l'urine, l'une des trois variantes suivantes peut être adoptée.
 - Deux ou plusieurs containers de petite taille (20 l ou 60 l) utilisés en alternance pour le stockage de l'urine pour de courtes durées. L'urine ainsi traitée est appliquée sur le potager familial ou transportée dans des containers par un fournisseur/euse de service pour un stockage hors site.
 - Des réservoirs de taille moyenne (par exemple 1 m³) desservis alternativement par plusieurs TDSUs pour un stockage plus long avant une utilisation en agriculture.
 - Un grand réservoir (de 5 m³ par exemple) servi par plusieurs TDSUs. La vidange est assurée par un fournisseur/euse de service qui transportera l'urine pour un stockage hors site.
- L'usage des containers de 20 l sont les plus utilisés pour un court stockage car ils sont largement disponibles et sont facilement transportables et vidangés manuellement.
- Les réservoirs de collecte des eaux pluviales (non métalliques) et fûts en matières plastiques peuvent être facilement adaptés pour servir à la collecte d'urine de grandes capacités.
- Les récipients de stockage doivent être hermétiques et munis de fermetures capables d'empêcher l'émission d'odeurs (ammoniac, acides gras) par évaporation.
- Pour éviter les pertes d'ammoniac et l'émission d'odeurs, il est nécessaire d'adopter un diamètre d'au moins de 50 mm pour la conduite de collecte raccordant la cuvette d'urine et le réservoir de stockage. Le réservoir doit être muni d'un clapet anti-retour qui s'ouvre le temps de laisser échapper le volume d'air équivalent à celui de l'urine déversée.

- Le drainage de l'urine jusqu'au bidon de collecte, se fait via une conduite placée avec une pente suffisante d'où l'utilité de placer les bidons de collecte bien en dessous du niveau du plancher de l'habitation.
- Les réservoirs de grande capacité sont fréquemment enterrés d'où la nécessité de les confectionner avec des matériaux rigides qui peuvent supporter le poids du remblai. Ce type de réservoirs réduit la fréquence de vidange mais demeurent chers à l'installation. Ils doivent être munis d'un trop-plein dirigé vers un puits d'infiltration pour tenir compte des apports exceptionnels (le trop-plein n'est pas nécessaire pour les petits réservoirs puisqu'ils peuvent être facilement retirés et transvasés).
- Les réservoirs de stockage peuvent être fabriqués en matières plastiques, en fibre de verre ou en béton. Le métal est à éviter à cause de sa sensibilité à la corrosion due au pH élevé de l'urine stockée.
- Les containers sont des récipients fabriqués en matières plastiques aisément disponibles et facilement portés par une personne. Ils peuvent être utilisés pour stocker ou transporter l'urine facilement et sans déversement.
- Les containers de petite capacité doivent être placés sur une surface absorbante pour permettre l'infiltration des débordements éventuels et éviter ainsi les odeurs.
- Dans le cas où le réservoir de stockage est relié à la toilette ou à l'urinoir directement par une conduite, celle-ci doit être de petite longueur pour que les précipités ne s'accumulent pas.
- Les conduites utilisées doivent avoir un grand diamètre (au moins 50 mm pour les conduites enterrées) pour qu'elles puissent être démontées en cas de colmatage; elles ne doivent pas avoir une pente de moins de 5% ni comporter un angle obtus.

NB: Le volume de stockage requis est calculé en multipliant le taux de production d'urine au niveau de la toilette (l/personne /jour) par le nombre de jours de stockage recommandés.

une personne peut produire autour de 1,5 litres d'urine par jour sachant que dans l'absolu cette quantité dépend d'une manière significative du climat et de la consommation corporelle des liquides.

Pour un ménage de 5 personnes, la quantité totale de la production est donc de 7,5 litres. Cette dernière est amoindrie à 5 litres (soit 1/3) tenant compte du fait de l'absence récurrente des personnes du ménage de l'habitation au cours d'une journée.

Sur cette base un container de 20 litres se remplira pendant 4 jours. D'où la nécessité de prévoir 5 containers (de 20l) par ménage si la période de stockage prévue est de 14 jours.

Entretien et maintenance

- Un biofilm et un précipité (constitué de minéraux principalement des phosphates de calcium et de magnésium) se forment au fond du réservoir au cours du stockage. Au cours du vidange du réservoir de stockage, ce précipité est évacué avec l'urine.
- Des minéraux et du sel se déposent généralement

dans la conduite de liaison de la toilette et du bidon de collecte. Ils doivent être régulièrement enlevés. Cette opération peut se faire manuellement (bien que c'est difficile) ou par ajout d'acide fort à 24% de concentration (dissolution).

Vidange des réservoirs de stockage:

- Les bidons de faible capacité peuvent être vidangés manuellement tandis que les réservoirs à grande capacité enterrés nécessitent le recours à un pompage (sous vide par exemple). Cette manutention peut occasionner l'émanation épisodique de mauvaises odeurs. L'opération doit faire l'objet d'une planification concertée avec les usagers/(ères) et le fournisseur (euse) du service. Les pompes doivent être nettoyées après usage pour une prévention contre la corrosion.
- Les robinets en matières plastiques sont appropriés pour les grands réservoirs placés sur sol. Ces robinets doivent être robustes et résistants à l'UV et étanches. Une protection additionnelle avec du mortier ou autre matériaux est aussi recommandable. Les accessoires métalliques sont à éviter à cause de la corrosion.
- L'urine peut être évacuée des réservoirs enterrés moyennant une pompe en matières plastiques ou en métal. Les pompes métalliques doivent systématiquement être nettoyées à l'eau immédiatement après usage pour éviter la corrosion.
- L'approche la plus simpliste et économique mais qui ne protège pas contre le risque sanitaire consiste à recourir à un seau et une corde pour puiser l'urine du réservoir par son trou-d'homme.



Figure 3: A gauche: réservoir en matières plastiques en Ukraine (source: WECF, 2009). A droite: réservoir de stockage en béton muni d'un trou d'homme (source: E. von Münch, 2007).

Aspects sanitaires et environnementaux

- Si la contamination par les matières fécales n'est pas significative, les risques sanitaires associés à l'utilisation de l'urine sont faibles.
- Les directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sont aussi applicables à l'urine. Elles recommandent une approche multi-barrières en cas de manipulation de l'urine pour réduire la transmission de maladies.
- Il y a un faible risque sanitaire pour ceux et celles qui doivent vidanger ou changer le réservoir d'urine. Pour éviter ce risque, il faut éviter le contact direct avec l'urine et mettre les équipements de protection nécessaires.

- Le risque sanitaire est minime pour ceux et celles qui manipulent (transport) les bidons car l'urine est généralement peu contaminée et les bidons bien fermés.

Acceptabilité

- Des séances de sensibilisation et de formation des utilisateurs/(trices) sont nécessaires pour assurer un entretien régulier de cette technique.
- Il demeure en revanche que le transport d'un bidon d'urine est loin d'être aussi déplaisant que la vidange d'une fosse.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Le récipient peut être construit et réparé avec des matériaux locaux • Aucune énergie électrique n'est requise • Peut être fonctionnel dès sa mise en place • Nécessite peu de terrain • Faible coût d'investissement et d'exploitation
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Odeur d'intensité moyenne à forte lors de l'ouverture ou du vidange du réservoir (selon les conditions de stockage)

Exemples au Maroc

Exemple du village Dayet Ifrah dans le cadre du programme AGIRE:

- Plusieurs TDSUs (toilette de déshydratation à séparation d'urine) ont été construites dans le cadre du programme AGIRE à Dayet Ifrah. Les urines produites sont acheminées et collectées hors des toilettes dans des réservoirs de stockage. Ces réservoirs ont une capacité variable entre 200 litres à 1000 litres pour grands ménages.
- Dès qu'un des deux réservoirs est rempli (durant une période variable entre 1.6 à 8 mois), l'opération du vidange se fait par une pompe. L'urine pompée est par la suite stockée dans des réservoirs de capacité variable de 25 à 60 litres.

Pour les grands réservoirs, la vidange se fait en les vidant dans des petits bidons. L'utilisation des grands réservoirs permet d'augmenter la durée de stockage d'un mois et donc une meilleure valorisation par la suite. (voir la fiche d'information "Fertilisation par l'urine" pour plus d'information).

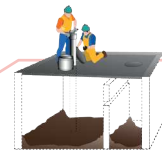


Figure 4: Réservoirs (1000 L à gauche, 200 L à droite) de stockage d'urine en matières plastiques utilisés à Dayet Ifrah, Maroc (source: M. E. Khiyati, 2012).

Bibliographie

- (1) Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2) SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/site-storage-and-treatments/urine-storage>
- (3) Rieck, C., von Münch, E., Hoffmann, H. (2012). Technology review of urine-diverting dry toilets (UDDTs) - Overview on design, management, maintenance and costs. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Germany. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/874>
- (4) WHO (2006). WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater - Volume IV: Excreta and greywater use in agriculture. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1004>
- (5) Les expériences du projet pilote à Dayet Ifrah, divers documents: <http://www.susana.org/lang-en/library?search=dayet+ifrah>
- (6) Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>





TRANSPORT

08 Vidange et transport manuels

Informations générales

La vidange et le transport manuels se réfèrent aux différents moyens par lesquels les usagers (ères) peuvent vidanger les systèmes d'assainissement sur site sans recourir à des équipements et des véhicules motorisés. La vidange et le transport manuels permettent d'évacuer la part résiduelle des excréta accumulés dans les fosses, fosses septiques ou chambres de déshydratation ainsi que l'urine stockée dans les systèmes d'assainissement sur site. Deux typologies d'interventions se rattachent aux opérations de vidange et transport manuel.

- Vidange de toilettes produisant une matière fécale sèche comme la Toilette de Déshydratation à Séparation d'Urine (TDSU) ou la toilette à compost.
- Vidange de fosses de latrines ou de fosses septiques des boues liquides stockées, quand, pour certaines raisons, le recours à des pompes motorisées n'est pas possible.

Autres noms: Seau et charrette-citerne; Pompe manuelle et charrette citerne

En anglais: Manual emptying and transport



Figure 1: A gauche: Vidange manuelle d'une fosse de latrine traditionnelle à Durban, Afrique du Sud (source: E. von Muench, 2012); A droite: Outils utilisés pour la vidange des fosses de latrines traditionnelles à Durban, Afrique du Sud (source: WRC, 2012).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	■
Protection de l'environnement	■
Facilité de mise en œuvre	■
Robustesse de la technique	■
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	■
Coûts et bénéfices	■
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	■

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.

Principes de base

- Les techniques de vidange manuelles courantes sont:
 - Utilisation de seaux et de louches ou pelles.
 - Utilisation d'une pompe manuelle spécialement conçue pour les boues (par exemple la « Gulper ») - (ce type de pompe n'a jamais dépassé le stade de tests à échelle pilote par contre).
- Quant aux techniques de transport manuel, ils se résument à l'utilisation de l'un des moyens suivants:
 - Triporteur de livraison pour l'urine et les excréta à l'état sec ou compostés.
 - Charrette tractée par un animal.
- Certaines techniques d'assainissement sur site sont vidangées manuellement, par exemple les chambres de déshydratation d'une TDSU ou la « Fossa Alternata » (latrine à fosses alternées). En effet, l'aspiration par pompe ne permet pas la vidange de ces techniques et l'utilisation de pelles est nécessaire pour pouvoir évacuer les dépôts très solidifiés.
- Le recours au vidange manuel peut s'avérer incontournable pour des boues fluides par manque du matériel nécessaire (pompe électrique non disponible ou défectueuse).

Outils manuels pour la vidange des puits perdus:

- Le recours aux outils manuels est très pratique et économique pour la vidange des fosses et des latrines traditionnelles.
- La vidange manuelle offre l'avantage d'être toujours possible tant qu'il ne dépend pas de compétences spécifiques (simples ouvriers/ères) ou d'un outillage à risque de panne (telle qu'une pompe).
- La vidange manuelle permet en outre, de valoriser le travail de la main d'œuvre locale et crée de la richesse économique comparativement à l'usage d'un matériel mécanisé
- Il demeure en revanche, important de citer certaines entraves de l'opération de vidange manuelle à savoir:
 - La durée et la lenteur de l'opération
 - Les risques sanitaires à prendre en considération
 - La difficulté de l'appropriation de l'opération par la population locale



Figure 2: Préparatifs précédant l'utilisation d'une pompe manuelle « Gulper » pour la vidange d'une fosse de latrine traditionnelle à Kibera, Nairobi, Kenya (source: D. Mbalo, 2012).

Conditions d'application

- Le recours au vidange manuel des latrines traditionnelles en utilisant des pelles, des seaux et moyens de protection n'est à envisager qu'en cas de difficulté de l'option de la vidange mécanisée
- Les recours aux pompes manuelles est appropriée quand:
 - Il y a absence d'un service d'hydrocurage ou lorsque son coût est excessif
 - Les accès au site sont impraticables pour un service par camion
- Le recours aux pompes manuelles demeure encore timide (phase de prototypes et quelques cas pilotes), bien qu'il améliore significativement les opérations de vidange traditionnelles (seaux). L'éloignement d'un site de décharge approprié (et autorisé) constitue aussi un handicap quant à l'adoption systématisée de technique.



Figure 3: Evacuation manuelle de la chambre de déshydratation d'une TDSU à Dayet Ifrah, Maroc (source: GIZ-AGIRE, 2012).

Options possibles de valorisation

Cette technique concerne le transport; elle ne modifie pas les propriétés de la matière transportée sauf quand de l'eau est ajoutée pour faciliter le pompage. Si l'eau est ajoutée, la réutilisation devient plus difficile à cause de la dilution des excréta.

Chiffres clés

Dimensionnement/Conception	Sans objet
Coûts d'investissement	Très faible, selon l'équipement utilisé
Coûts d'exploitation	Selon le coût de la main d'œuvre
Durée de vie	Inapplicable

Conception et construction

Seau et charrette-citerne:

- Une charrette-citerne est constituée d'une charrette à plateau (éventuellement basculant sur l'axe des roues, pour un déversement des boues solides) sur laquelle est posée une citerne étanche avec une trappe de remplissage. Celle-ci est située sur le dessus tandis que la vanne de vidange est fixée au fond.
- Le principal critère de conception est la détermination du volume de la citerne, qui permet d'optimiser le nombre de trajets de vidange à réaliser et le poids que peut tirer un animal de traction (âne, bœuf, etc.).

Pompes à boues manuelles:

- De nombreuses solutions reposant sur le seul usage de force corporelle humaine ont été proposées pour faciliter et sécuriser la vidange des fosses. Certaines utilisent des outils manuels rudimentaires; d'autres, appelées semi-mécanisées, utilisent des outils spécifiques.
- Les techniques semi-mécanisées sont déjà testées dans plusieurs régions du Monde pour évacuer des boues sèches des fosses. On peut citer, notamment, le "Bangalore Screwer" qui est un outil développé en Inde. Il est basé sur le principe d'une vis sans fin type auger convoyeur et le Nibbler, qui est un engin utilisant des godets fixés à une chaîne entraînée par des pignons. Les deux systèmes sont entraînés à l'aide d'une manivelle munie d'un engrenage démultiplicateur. Ces deux systèmes se sont limités à des prototypes.
- Les pompes à boues manuelles telles que la Gulper sont des conceptions relativement récentes et se sont avérées prometteuses en raison de leur coût. Elles représentent des solutions efficaces pour la vidange là où, pour des contraintes d'accès, de sécurité ou de coûts, d'autres techniques de vidange ne sont pas possibles.
- Les pompes manuelles peuvent être conçues localement avec des tiges et des vannes en acier dans une enveloppe en PVC. La pompe est immergée dans la fosse/réservoir tandis que l'opérateur (trice) reste en surface l'actionner sans descendre dans la fosse.
- La pompe fonctionne sur la base du même concept que la pompe à eau: quand l'opérateur pousse et tire la poignée, la boue est aspirée par l'axe principal et déversée par le bec décharge en forme de V. La boue déversée peut être collectée dans des barils, des sacs ou des chariots.

Exemple d'une pompe à boues manuelle: Le Gulper:

- Un Gulper est constitué d'une tige reliée à deux valves situées à l'intérieur d'un corps de pompe en PVC. Le système de valve, actionné par l'opérateur, permet de

pomper les boues qui se déversent par un bec en forme de V inversé dans un seau.

- Le principal critère de conception est la profondeur de la fosse, Elle ne doit pas dépasser 1,5 m.
- Le Gulper ne peut pas vider complètement les fosses. Le système n'est pas totalement sans risques de fuites d'où la nécessité pour les manipulateurs/(trices) de porter les équipements de protection adéquats.
- A retenir en fin que le Gulper ne permet que le pompage d'où la nécessité d'envisager un moyen de transport des boues prélevées.

Transport d'urine:

- Le transport de l'urine peut s'avérer une activité économique intéressante, s'il est bien encadré. Il peut être confié à une microentreprise notamment. Plusieurs moyens de transport des jerrycans peuvent se faire à l'aide d'une bicyclette, d'un triporteur, d'un charriot ou d'un animal de trait et de charriot
- Considéré comme un élément fertilisant, le transport de l'urine et son exploitation dans les parcelles agricoles par les ménages, leur portera une valeur ajoutée sur le plan économique et améliorera le rendement agricole.



Figure 4: A gauche: Vidange de la chambre de déshydratation d'une TDSU par des agents municipaux à Ouagadougou, Burkina Faso; A droite: Transport par jerrycans de l'urine sur une charrette à traction animale dans la même ville (source: S. Tapsoba, 2009).

Entretien et maintenance

- Les opérations de la vidange manuelle nécessitent un intérêt particulier sur le plan sanitaire pour les ouvriers/(ères) qui doivent systématiquement nettoyer leurs vêtements de protection à chaque manipulation par de l'eau claire et du savon. Les outils de travail manuels doivent aussi être lavés et nettoyés après chaque manipulation.
- Les pompes à boues exigent un entretien régulier (nettoyage et désinfection). Elles doivent être réparées en cas de panne.

Aspects sanitaires et environnementaux

Pour fosses de latrines et fosses septiques:

- L'utilisation des équipements de protection (gants, bottes, combinaisons et masques) est à systématiser pour les ouvriers/(ères) manipulant ces produits. Ils(elles) doivent aussi prendre en considération les risques de déversement accidentels pour éviter des pollutions concentrées dans les sols.
- Le risque d'effondrement des fosses des latrines traditionnelles est à prendre au sérieux. Les

opérateurs(trices) doivent donc veiller à travailler aux abords des ouvrages tout en évaluant à chaque fois l'intensité de ce risque

- Des contrôles médicaux sont à exiger aux vidangeurs/(euses) manuels (lles) qui doivent être aussi vacciné(e)s.

Pour TDSU:

- Les mêmes règles de protection sont exigées des ouvriers (ères) qui opèrent dans la manipulation des fèces bien que le risque sanitaire soit relativement amoindri
- Les sites prévus pour déposer les produits de vidange doivent être connus préalablement et les autorisations nécessaires sont acquises. Ces sites ne doivent pas être assez éloignés et conformes aux opérations de dépotage
- Des mesures de protection des sols environnants les zones de travail sont à appliquer. la mise en place d'un film en matière plastique sur les sols avoisinants peut véritablement éviter la pollution.



Figure 5: A gauche: Evacuation de boues fécales d'une Ventilated Improved Pit latrine (VIP) à l'aide d'un Gulper à Durban, South Africa; à noter le système à double levier (source: E. von Muench, 2012). A droite: Vidange manuelle d'une fosse simple en utilisant un seau sans vêtements de protection (source: F. Brunner, 2000).

Acceptabilité

- Le métier de vidangeur/(euse) doit être approprié dans les mœurs et coutumes de la communauté locale compte tenu de son importance et sa participation au développement socioéconomique de proximité
- Les programmes institutionnels régissant le secteur doivent valoriser le métier des vidangeurs/(euses), le structurer et lui offrir un climat social attrayant
- Le statut social des vidangeurs/(euses) doit être mieux apprécié et respecté par la communauté locale. Des mesures de sensibilisation et d'information sur l'importance de ce métier sont à mener et à répliquer.

Avantages et inconvénients

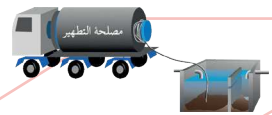
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Création de l'emploi local et des sources de revenus • Technicité simple (utilisation de pelles, seaux, etc...) • Coût d'investissement faible et frais d'exploitation abordables (dépendant surtout de la distance séparant le site du point de décharge) • Les fèces séchées (cas de la TDSU), peuvent être valorisées et réutilisées si elles sont bien conservées
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Risques de déversement et donc de pollution sont éventuels • Durée des opérations relativement importante (plusieurs heures selon la taille de la fosse) • Opération peu pratique dans le cas de l'éloignement du site de dépotage

Exemples au Maroc

Cette pratique est ancrée dans le contexte socio culturel marocain depuis des décennies dans les zones rurales et périurbaines. Elle se transmet souvent de (père, mère) en (fils, fille) lui conférant un caractère ancestral.

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbügg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland.
<http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)pS-Eau (2010). Guide 4: Choisir des solutions techniques adaptées pour l'assainissement liquide. http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?document_id=2359&l=fr
- (3)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-collection/hardware/cartage/human-powered-emptying-and-tran>
- (4)Cranfield University (2011) Africa wide water, sanitation and hygiene technology review, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1644>
- (5)Still, D., Foxon, K., O'Riordan, M. (2012). Tackling the challenges of full pit latrines - Volumes 3: The development of pit emptying technologies. WRC Report No. 1745/1/12, Water Research Commission, South Africa. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1712>
- (6)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>
- (7)Brunner, F. (2000). interet-general.Info
http://www.interet-general.info/IMG/jpg/de_but_de_vidange-1.jpg



3. TRANSPORT

09 Vidange et transport motorisés

Informations générales

La vidange et le transport motorisés se réfèrent à l'utilisation d'un camion de vidange ou un autre véhicule motorisé équipé d'une pompe motorisée et d'un réservoir de stockage. Les produits vidangés (boues, eaux usées ou urine) sont alors évacués vers des sites appropriés au dépotage. L'opération s'appuie des ouvriers(ères) pour manœuvrer les tuyaux et les pompes sans recours à la collecte manuelle.

Commentaire:

Cette fiche contient des informations sur deux techniques:

- Camions de vidange : gros véhicules surtout adaptés au contexte urbain,
- Véhicules de petite taille : motopompes et charrettes citernes ou le Vacutug appropriés plutôt aux petites localités rurales marocaines.

Autres noms: (a) Evacuation avec camion-citerne avec une pompe à vide transportable, camion vidangeur, camion de vidange aspirant (à vide), (b) Motopompe et charrette-citerne.

En anglais: (a) vacuum trucks, vacuum tankers, "honey suckers", (b) Motorised emptying and transport, motor-driven pump and tank on cart.

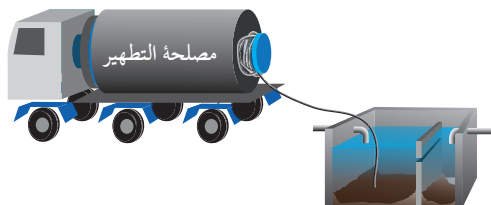


Figure 1: Schéma d'une opération de vidange motorisée avec un camion de vidange (source: Tilley et al., 2008).

Principes de base

- L'évacuation des boues des fosses par une unité mécanisée repose sur le principe d'une motopompe ou pompe submersible transportables pour relevage hydraulique (petits douars); ou sur le principe de l'aspiration sous vide rencontré sur les camions de vidange (zones urbaines). Dans les deux cas, il y a consommation d'énergie.
- La vidange de la citerne au site de décharge se fait gravitairement
- Compte tenu du volume limité des citernes de vidange, plusieurs trajets sont parfois nécessaires dans le cas de grands systèmes d'assainissement (fosses septiques, réacteurs anaérobies compartimentés, digesteurs et bassins de décantation) pour assurer leur vidange complète
- Des paramètres techniques sont à prendre en considération lors de ces opérations, notamment la viscosité et les caractéristiques de la boue à vidanger et la puissance de la pompe



Figure 2: A gauche: Décharge de boues de vidange collectées par les camions de vidange à un point de réception dans une station d'épuration à Nairobi, Kenya (source: D. Mbalo, 2012); A droite: Vidange de la fosse septique d'un hôtel à Fada N'Gourma, Burkina Faso (source: F. Erzinger, 2007).

- Dans certains cas, le milieu à pomper (boues par exemple) peut-être très visqueux compromettant l'opération de vidange par pompage ou par aspiration. Pour faciliter l'opération, sa dilution est donc nécessaire. En cas d'absence d'eau, le recours au vidange manuel peut être inévitable (voir fiche technique sur « Vidange et transport manuels »).
- Les produits pompés notamment les boues doivent être traitées ou confinées dans des sites appropriés, ce qui n'est malheureusement pas le cas généralement
- Le coût de la vidange motorisée demeure relativement élevé lorsqu'il s'agit de l'entretien d'un système d'assainissement autonome.
- Les déchets solides et le sable perturbent souvent l'opération de la vidange motorisée.
- L'opération de la vidange motorisée peut être effectuée par des Entreprises privés en absence d'un service public qui l'assure.

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	■
Protection de l'environnement	■
Facilité de mise en œuvre	■
Robustesse de la technique	■
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	■
Coûts et bénéfices	■
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	■

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.

Conditions d'application

- L'opération de la vidange motorisée est la plus adoptée par les Communes, Municipalités et services délégataires au niveau du Maroc
- Les conditions d'accessibilité limitent parfois le recours à cette méthode pour vidanger des fosses septiques ou latrines surtout lors d'épisodes pluvieux
- La marge du bénéfice pour les opérateurs délégataires ou entreprises privées spécialisées limitent la généralisation de cette technique dans les zones rurales parfois enclavées.
- Des solutions souples existent sur le marché pour assurer la vidange dans les zones enclavées. On cite notamment la citerne sur roues de 2 m³ avec une motopompe ou pompe submersible électrique. L'électrification généralisée dans les localités rurales encourage le recours à ce type de solutions (voir plus bas section « conception et construction »).

Options possibles de valorisation

Les options de valorisation des produits peuvent être compromises par exemple pour les boues si elles étaient diluées pour être facilement vidangées.

Chiffres clés

Dimensionnement/ Conception	Camion de vidange: Les pompes peuvent seulement aspirer à une profondeur de 2 à 3 m, et la pompe doit être placée à moins de 30 m de la fosse
Capacité de vidange	<ul style="list-style-type: none"> • Camion de vidange: 3 à 10 m³ • VacuTug: 0,5 m³
Coûts d'investissement	<ul style="list-style-type: none"> • Variable selon le type d'équipement et l'âge • Exemple d'une citerne mobile de 2 m³ connectée à une motopompe et montée sur roues pour traction animale à Dayet Ifrah: env. 20.000 MAD (1820 Euros)
Coûts d'exploitation	Variable selon le coût de carburant et de la main d'œuvre
Durée de vie	<ul style="list-style-type: none"> • 10 ans pour le camion de vidange • 2 à 10 ans pour motopompe + charrette citerne

Conception et construction

Camion de vidange:

- La capacité d'un camion de vidange est généralement comprise entre 3 et 10 m³
- Les camions de vidange sont constitués d'une citerne, d'un système de pompage sous vide ainsi que d'un dispositif d'injection d'air et d'eau sous pression pour mettre en suspension les éléments solides dans les boues.
- Les principaux critères de conception à prendre en considération sont le volume de la citerne de stockage qui détermine la capacité de pompage des boues, ainsi que la puissance d'aspiration de la pompe qui précise à quelle profondeur l'opération de la vidange est possible.

Motopompe et charrette-citerne:

- Une charrette-citerne est constituée d'une charrette à plateau (éventuellement basculant sur l'essieu des roues, pour un déversement des boues solides) sur laquelle est posée une citerne étanche avec une trappe de remplissage située au sommet et une vanne de vidange située au fond.
- Le principal critère de conception est le volume de la citerne, pour trouver un optimum entre le nombre de trajets de vidange à réaliser et le poids que peut tracter un animal (mulet, âne, bœuf).
- La solution motopompe et charrette-citerne est adaptée au milieu rural marocain.

Le VacuTug:

- Une variante possible de la motopompe est le VacTug. Il est constitué d'une pompe à vide fonctionnant avec un moteur à essence.
- Le VacuTug se compose d'un réservoir en acier de 0,5 m³ et d'une pompe à vide à palettes coulissantes ayant la capacité d'assurer un vide de -0,8 bar.
- La machine est équipée d'une manette de gaz, d'un embrayage (sous la forme d'une transmission à courroie réglable) et de deux freins. Un moteur à essence de 4,1 kW peut soit entraîner la pompe à vide soit un rouleau à friction pour entraîner les roues de devant grâce à une courroie réglable.
- La cuve à vide est équipée de soupapes de 75 mm de diamètre placées au sommet et au fond de la citerne. Les boues sont évacuées de la fosse via un tuyau d'aspiration flexible de 75 mm de diamètre.
- Les boues peuvent être évacuées de la cuve à vide par gravité ou par une légère pression de la pompe.
- En terrain plat le véhicule est capable de rouler à environ 5km/h. Il est donc nécessaire d'adapter le VacTug pour les terrains accidentés et en pente rencontrés souvent dans le milieu rural marocain.
- Des résultats récents indiquent que dans certaines circonstances (nombre constant de fosses, existence d'une station de transfert, courte distance de transfert, etc.) le VacuTug peut être recommandé; il peut couvrir ses coûts de fonctionnement et d'entretien. Ceci n'est pas le cas pour le Maroc en raison de l'absence des stations de transfert (des points de dépotage intermédiaires des boues de vidange lorsque ces dernières ne peuvent pas être transportées directement à la station de traitement centralisée).
- Le VacuTug est robuste et économique, mais il est plus coûteux qu'une motopompe, et peu disponible sur le marché.
- Le VacuTug, ou une variante similaire, peut être développé pour le rural marocain et constituer une alternative intéressante au camion de vidange.



Figure 3: VacuTug en test dans une communauté de la municipalité Msunduzi en Afrique du Sud, avec toilettes à faible débit (source: WRC, 2012).

L'eVac:

- A noter l'existence d'un autre système à vide de petite portée appelé l'eVac. Ce système est développé en Afrique du Sud mais demeure peu commercialisé ou répandu (quelques cas pilotes). Le principe de fonctionnement de l'eVac s'appuie sur le vide créé dans un récipient hermétique permettant d'aspirer la boue des fosses. Le système est équipé d'une pompe à palettes coulissantes et un moteur électrique de 1,5 kW alimenté par un générateur. Ces deux composantes sont reliées par une courroie d'entraînement et montées sur un charriot en acier fabriqué sur mesure.



Figure 4: Démonstration du système eVac pour le pompage des boues de vidange de la fosse d'une latrine améliorée ventilées (VIP) (source: E. von Muench, 2012).

Entretien et maintenance

(a) Camion de vidange:

- L'entretien du matériel est une composante principale pour le bon fonctionnement d'un camion de vidange. Les pannes deviennent récurrentes lorsque le camion n'est pas acquis à l'état neuf.
- Le manque d'entretien préventif est la cause de la plupart des pannes.
- Le système d'un camion vidange peut être adapté localement. Un simple camion peut être en effet converti en camion vidange en l'équipant de citernes et de pompes
- A retenir que les frais de maintenance et d'entretien peuvent représenter 25% des frais d'exploitation. Les frais du carburant et des lubrifiants sont aussi significatifs pouvant atteindre 25% des frais d'exploitation.
- Pour éviter des pannes accidentelles et l'arrêt lors d'opérations de vidange, les opérateurs/(trices) des camions vidange doivent prévoir préalablement un stock de pièces de rechange.

- Le protocole d'entretien de maintenance doit inclure une révision mécanique mensuelle du camion vidange et son nettoyage après chaque opération de vidange.
- Le fonctionnement du camion de vidange requiert l'intervention de un à deux opérateurs/trices.

(b) Motopompe et charrette-citerne:

- Les principales opérations d'exploitation incluent le nettoyage de la motopompe et de la charrette-citerne après utilisation.
- Deux opérateurs/(trices) sont à affecter au poste, pour un bon fonctionnement du camion de vidange.

Aspects sanitaires et environnementaux

- Les opérations de vidange contribuent significativement au confort sanitaire en évacuant les boues des latrines ou des fosses vers des sites plus appropriés.
- La vidange et le transport motorisé offrent deux avantages sur le plan sanitaire, en effet :
 - Ils évitent à la population le recours au vidange manuel relativement peu hygiénique et moins sécurisée
 - Ils assurent une pérennité des ouvrages de traitement et un fonctionnement normal en évitant notamment des débordements des fosses
- L'utilisation des équipements de protection par les ouvriers/(ères) (gants, bottes, combinaisons et masques) est systématiquement nécessaire pour minimiser des risques de contamination par les matières polluantes.
- Un protocole médical est à imposer aux opérateurs/(trices) comportant des contrôles médicaux et la vaccination nécessaire.
- Les déversements accidentels éventuels sont à prendre en considération lors de ces opérations. Les zones avoisinantes les fosses ou les latrines doivent être couvertes préalablement par des films en matière plastique pour éviter la diffusion de pollution localisée.
- Après chaque opération, les ouvriers/(ères) sont tenue(e)s à entretenir leurs blousons de travail et le nettoyer à l'eau et au savon.
- Des sites de dépôts autorisés des matières vidangées doivent être connus avant d'entamer chaque opération. Ces sites doivent être situés à des distances convenables (ils peuvent s'agir éventuellement d'une station d'épuration ou d'une station de transfert).

Acceptabilité

- La vidange motorisée n'est pas une activité plaisante compte tenu de l'éventualité d'émanations de mauvaises odeurs ou de risques sanitaires. Néanmoins, la population est consciente de son importance pour assurer un fonctionnement sain et durable des systèmes d'épuration et surtout pour éviter des débordements de boues par exemple.
- Il est réputé que le statut social des ouvriers vidangeurs

(euses) est peu valorisé comparativement à d'autres métiers de l'assainissement notamment les éboueurs/(euses).

Avantages et inconvénients

Avantages	<p>En général:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Moins de risque sanitaire comparativement aux opérations de la vidange manuelle • Création de l'emploi local • Service incontournable et vital notamment dans les zones non raccordées aux réseaux d'assainissement • Durée des opérations rapide et efficace
Inconvénients	<p>En général:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Risques d'obturation du tuyau d'aspiration par matières solides (déchets en plastiques, etc...) • Frais d'exploitation significatifs comparativement aux opérations de vidange manuelle (notamment frais de carburants) • Exigence d'une boue fluide (difficulté d'aspiration si les boues sont sèches ou épaisses, nécessité de la diluer) • En cas de dilution des boues ou des matières fécales, leur réutilisation est compromise <p>Camions de vidange:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limités aux sites accessibles et peu accidentés • Frais d'investissement et d'exploitation conséquents • Accès au service onéreux • Nécessité d'un lieu de dépotage à proximité • Durée d'opération relativement lente

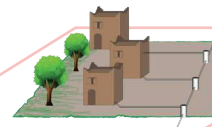
Exemples au Maroc

La vidange et le transport motorisé est une opération courante dans les grandes villes du Maroc (zones littorales de Rabat et Casablanca par exemple) notamment les quartiers non raccordés au réseau d'assainissement.

La pratique de la vidange et le transport motorisé est également courante dans certains bidonvilles et quartiers sous équipés des grandes villes marocaines. Ces opérations sont généralement assurées par les opérateurs délégataires par exemple (Lydec filiale de L'ex Lyonnaise des eaux à Casablanca – actuel Suez- et REDAL filiale de Veolia Environnement Maroc à Rabat)

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrügg, C., Schertenleib, R., (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG). Duebendorf, Switzerland. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)pS-Eau, (2010). Guide 4: Choisir des solutions techniques adaptées pour l'assainissement liquide. http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?docu_document_id=2359&l=fr
- (3)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-collection/hardware/cartage/motorised-emptying-and-transport>
- (4)Still, D., Foxon, K., O'Riordan, M. (2012). Tackling the challenges of full pit latrines - Volumes 3: The development of pit emptying technologies. WRC Report No. 1745/1/12, Water Research Commission, South Africa, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1712>
- (5)UN Habitat Vacutug Website: <http://www.unhabitat.org/categories.asp?catid=548>
- (6)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>



TRANSPORT

10 Réseau d'égout conventionnel

Informations générales

Les égouts gravitaires conventionnels correspondent à des grands réseaux de conduites souterraines véhiculant les eaux noires, les eaux grises et/ou les eaux pluviales depuis les ménages jusqu'à une station de traitement centralisée. Le transport peut se faire d'une manière gravitaire avec ou sans recours à des stations de relevage. Cette technique est adaptée aux zones à forte densité de la population et nécessite des investissements significatifs ainsi que des frais d'exploitation élevés.

Le système peut être séparatif (n'évacuant pas les eaux pluviales) ou unitaires (évacuant en même temps les eaux usées et pluviales). Dans l'ensemble le réseau séparatif est le plus couramment adopté (voir ci-dessous les raisons de ce choix).

Autres noms: Système d'égout gravitaire conventionnel, réseau d'assainissement conventionnel, réseau séparatif.

En anglais: Conventional sewer system, sewerage.

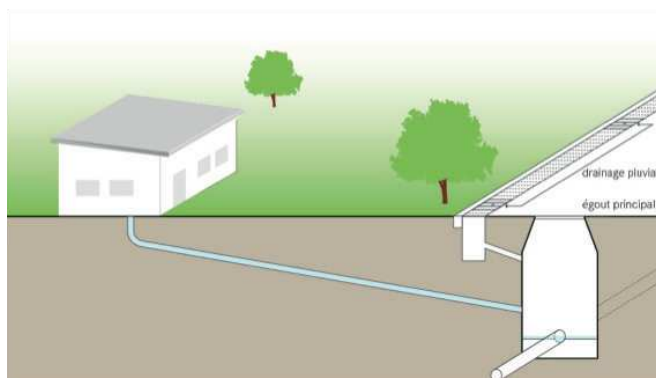


Figure 1: Schéma du réseau d'égout conventionnel (source: Tilley et al., 2008).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	
Protection de l'environnement	
Facilité de mise en œuvre	
Robustesse de la technique	
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	
Coûts et bénéfices	
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	

: Point fort de l'équipement. : moyen. : faible.

Principes de base

Le réseau d'égout gravitaire conventionnel est souvent composé de plusieurs branches ou sous-systèmes : des réseaux tertiaire et secondaire de petit diamètre se rapportant aux points de raccordement des ménages et un réseau primaire plus important ou convergent les réseaux secondaires et tertiaires (égout principal situé souvent le long des routes principales).

Le réseau d'égout gravitaire n'exige aucun prétraitement préalable ou de stockage des eaux usées. Il doit être par contre bien conçu pour assurer une vitesse d'auto-curage, soit une vitesse suffisante pour éviter les dépôts des matières en suspension des eaux usées (et donc risque de colmatage).

La vitesse d'auto-curage est comprise entre 0,6 et 0,75 m/s qui doit être régulièrement adaptée en fonction des conditions du terrain (maintien de pentes suffisantes le long des conduites).

En cas de contre pente dans le terrain, une station de relevage pour redresser la pente s'impose. Les conduites primaires se réalisent à des profondeurs allant de 1,5 à 3 mètres pour éviter les surcharges liées à la circulation des engins le long des routes.

Des regards d'accès sont placés à intervalles réguliers le long de l'égout, aux intersections de conduites et aux changements de direction des canalisations (verticalement et horizontalement).

Le réseau primaire exige une conception rigoureuse d'ingénierie pour s'assurer qu'une vitesse d'auto-nettoyage soit maintenue, que des regards de visite sont placés comme exigé et que la ligne d'égout puisse soutenir le poids du trafic.

Avantages du système séparatif comparé au système unitaire :

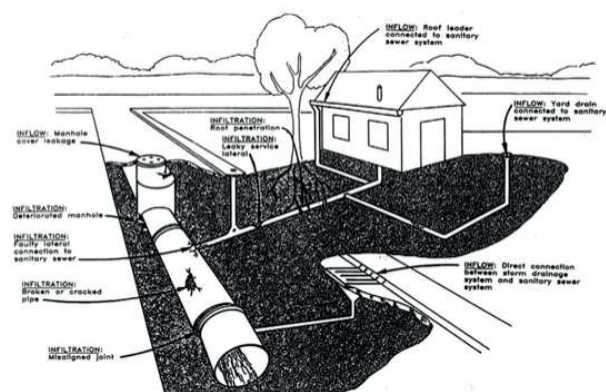
- Possibilité de valoriser les eaux pluviales séparément
- Coût de traitement moins important, vu les faibles volumes à épurer
- Pas de débordements des égouts en épisodes pluvieux

Inconvénients du système séparatif comparé au système unitaire :

- Quand la gestion des eaux pluviales n'est possible naturellement que par un réseau d'égouts et donc un coût d'investissement élevé (deux conduites à considérer)
- Coût de fonctionnement et de maintenance élevé pour entretenir deux réseaux

Conditions d'application

- Les égouts gravitaires conventionnels, transportant de grands volumes, sont seulement appropriés quand il y a une station de traitement centralisée qui peut recevoir les eaux usées.
- La planification, la construction, l'exploitation et l'entretien exigent des compétences relevées en ingénierie.
- Les coûts d'investissement des réseaux d'égouts gravitaires demeurent relativement élevés. Vu les perturbations qui génèrent lors de l'exécution, une grande coordination entre les autorités locales, entreprises de construction, population est nécessaire. Le(la) gestionnaire du projet doit donc être bien outillé(e) pour éviter des risques de blocage des travaux.



SANITARY SEWER PROBLEMS

Figure 2: Problèmes typiques posés par des réseau d'égout conventionnel (source: City of Berkeley).

- Quand les eaux de pluie sont également transportées par l'égout (appelé un réseau unitaire), des déversoirs d'orage sont requis pour éviter la surcharge hydraulique des installations de traitement pendant les événements pluvieux. L'infiltration dans l'égout, dans les zones où le niveau de la nappe est élevé, peut compromettre les performances de l'égout gravitaire conventionnel.
- Les égouts gravitaires sont adaptés aux climats froids car mis en place en profondeur, les débits permanents évitent aussi le gel des eaux usées.



Figure 3: Construction d'un réseau d'égout conventionnel à Luzern, Suisse (source: Wipfli & Partner AG).

Options possibles de valorisation

- Il s'agit d'une technique de transport qui n'affecte pas de manière significative les propriétés des eaux usées véhiculées.
- Les propriétés et les conditions de réutilisation dépendent du système de traitement préconisé et raccordé au réseau d'égouts.
- La réutilisation des eaux usées brutes (non traitées) issues de ce système est largement pratiquée à travers le monde mais elle demeure peu sécuritaire et est non recommandée.

Chiffres clés

Dimensionnement de conduite	Diamètre de 200 à 1 200 mm en moyenne, enterrées entre 1,5 et 3 m sous le sol.
Vitesse d'auto-nettoyage	Entre 0,6 et 0,75 m/s
Inspection des regards du réseau	Tous les 3 mois
Coûts d'investissement	<ul style="list-style-type: none"> • Variable selon le type de sol, la pente, la densité des habitations, la distance pour le transport de matériaux et des équipements • Valeur typique moyenne en Maroc: 2500 MAD/habitant (228 Euros/habitant) (petits et moyens centres urbains)^a
Coûts d'exploitation	Selon la longueur du réseau, présence des déchets encombrants, qualité physico-chimique des eaux usées, le coût de la main d'œuvre.
Durée de vie	25 à 50 ans

^a Source: Ismaili Alaoui (2014)

Conception et construction

- Un réseau conventionnel est constitué de conduites de diamètre de 200 à 1 200 mm en moyenne, enterrées entre 1,5 et 3 m sous le sol, de regards (en béton) assurant un accès au réseau et permettant son entretien, éventuellement de stations de relevage équipées de pompes situées aux points bas et qui permettent de relever les eaux usées transportées.
- Un réseau unitaire est aussi équipé d'avaloirs permettant de collecter les eaux pluviales et de déversoirs d'orage permettant d'assurer une surverse des eaux dans le milieu naturel en cas d'événement pluvieux important.
- Les principaux critères de conception sont:
 - la population hommes et femmes à desservir,
 - les quantités d'eaux consommées et leur composition,
 - la pente,
 - l'efficacité de la collecte,
 - la vitesse d'auto-curage,
 - la localisation des exutoires naturels.



Figure 4: Construction d'un réseau d'égout conventionnel à l'Allemagne (source: Bauunternehmen Friedrich Müsse GmbH & Co. KG).

Entretien et maintenance

- Des regards de visite sont installés partout où il y a un changement de pente ou de direction, pour l'inspection et le nettoyage.
- Les égouts peuvent être dangereux et doivent être entretenus par des professionnels(lles). Néanmoins le service de la maintenance et de l'entretien peut être confié à des communautés bien organisées si elles sont bien formées et renseignées.
- Les principales opérations d'exploitation sont vérification du niveau des arrivées d'eau dans la station de relevage, inspection des regards du réseau tous les 3 mois (tous les mois pour ceux situés à des changements de direction), curage des conduites pour entretien ou en cas de colmatage.
- Le service de gestion peut être délégué à des opérateurs/trices(notamment de Associations) qui seraient chargé(e)s de la maintenance et de l'entretien ainsi qu'à la réalisation des branchements individuels. Ils (elles) peuvent aussi assurer la gestion financière du projet.

Aspects sanitaires et environnementaux

Il s'agit d'une technique particulièrement protectrice aux usagers(ères) au niveau des points de collecte des eaux usées. Néanmoins, le risque sanitaire s'amplifie au point de convergence et de rejet hors site. le système de traitement à l'aval doit être bien conçu pour contenir toute la charge polluante évacuée.

Acceptabilité

C'est une technique très admise par la population compte tenu du confort qu'elle apporte. Les enjeux économiques (coût du branchement, redevances à payer) demeurent les plus préoccupants. Des formules existent pour atténuer cette charge financière (subventions, branchements sociaux, ...).

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Les eaux de pluie et les eaux grises peuvent être gérées en même temps. • La construction peut fournir de l'emploi local (en phase de travaux) • Le niveau de confort est élevé. • Des extensions du réseau sont envisageables. • L'emprise au sol est limitée. • Les eaux usées peuvent être transportées vers un site de réutilisation (après traitement). • Ouvrages standardisés (ouvrages dont l'ingénierie de dimensionnement est connue et usuellement adoptée). • Visite aisée contrôle au niveau des regards de visite pour le curage manuel.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite un temps d'exécution élevé pour pouvoir raccorder tous les ménages • Manque de matériel ou de matériaux dans certains cas et certains endroits • Nécessite des investissements lourds en cas de changement du mode de développement de la communauté • Coûts d'investissement et de fonctionnement particulièrement élevés • Standard technique exigeant (diamètre minimum 250 mm), écartant dans certains cas, les localités à très faibles débits • L'effluent et/ou la boue, exigent un niveau relevé de traitement (traitement secondaire) avant rejet • Les options de réutilisation sont contraignantes compte tenu que les excréta sont déjà dilués

Exemples au Maroc

- Les réseaux d'égouts conventionnels se généralisent petit à petit à l'échelle nationale depuis le début des années 2000. Ils concernent les localités à plus de 10000 habitants.
- Plusieurs canaux de financement existent notamment le Département de l'Eau, de l'Environnement ou les Communes. L'ONEE Branche Eau participe également activement à l'équipement par des réseaux les centres dont il gère le service de l'eau potable .



Figure 5: Travaux de pose, de remblayage, et de compactage d'un réseau d'égout conventionnel à la Commune rurale de Douirane, Maroc (source: DRPE , 2013).



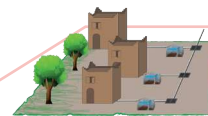
Figure 6: Travaux de pose de conduites d'un réseau d'égout conventionnel à la Commune rurale de Douirane, Maroc (source: DRPE, 2013).

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrügg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)pS-Eau (2010). Guide 4: Choisir des solutions techniques adaptées pour l'assainissement liquide. http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?docu_document_id=2359&l=fr
- (3)Ismaili Alaoui, M. (2014) Communication personnelle sur les projets et études réalisés pour l'ONEE Branche Eau par CID (Conseil, Ingénierie et Développement), Rabat, Maroc, mars 2014.
- (4)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-collection/hardware/sewers/separate-sewers>
- (5)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>
- (6)City of Berkeley, Department of Public Works http://www.ci.berkeley.ca.us/uploadedImages/Public_Works/Level_3_-_General/sewprob.jpg

TRANSPORT

11 Réseaux d'égout non-conventionnel



Informations générales

Le réseau d'égout est une technique dont le rôle est de véhiculer les eaux usées des habitations vers un site de traitement ou de rejet approprié (hors site). Ce réseau peut être de type unitaire collectant les eaux usées et les eaux pluviales ou séparatif quand il les draine séparément.

Sur le plan conceptuel, le réseau simplifié ou décanté est identique au réseau conventionnel traité dans la fiche précédente. Quelques modifications existent néanmoins, donnant lieu à des réductions des coûts d'investissement pour le réseau simplifié ou décanté.

A noter qu'à l'instar du réseau conventionnel, une station d'épuration ou un autre mode de traitement sont préconisés à l'aval du réseau simplifié ou décanté.

Il existe un autre type de réseau d'égout non-conventionnel appelé réseau sous vide qui n'est pas décrit dans cette fiche technique.

La présente fiche décrit deux types de réseaux d'égout qui sont le réseau simplifié et le réseau décanté.

Réseau simplifié:

Le réseau simplifié peut transporter les eaux noires et grises du ménage; il est caractérisé par:

- Son tracé selon l'approche in-block system qui fait passer le réseau par les parcelles privées d'où son autre appellation de réseau condominial. Cette façon contraste avec l'approche in-road, retenue dans le réseau conventionnel où le réseau ne peut emprunter que la voie publique d'où, généralement, une plus grande longueur de réseau.
- Ses composantes et sa mise en œuvre qui s'appuient sur une faible pente, une faible profondeur de pose ainsi que sur le petit diamètre des conduites

Autre noms: Réseau condominial

En anglais: Simplified sewerage, shallow sewerage, condominial sewerage

Réseau décanté:

Le réseau décanté peut véhiculer les eaux grises et noires d'un ménage et répond aux caractéristiques suivantes :

- Le réseau convient pour des eaux usées prétraitées ou préalablement décantées (tel que l'effluent d'une fosse septique ou d'une fosse de décantation). Une unité de traitement ou un point de rejet approprié est à prévoir à l'aval du réseau
- Le réseau décanté impose systématiquement une décantation préalable des eaux usées par les ménages

Autre noms: Réseau d'égout simplifié sans matières solides

En anglais: Small-bore gravity sewer system, small-diameter sewer system, settled sewer system, solids-free sewer system

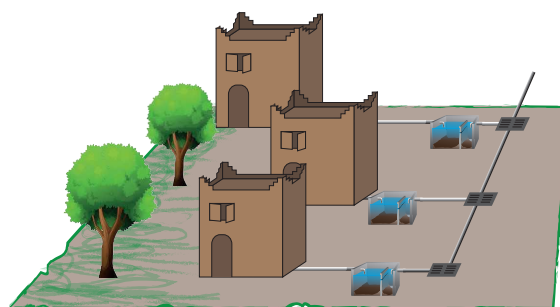


Figure 1: Schéma d'un réseau décanté (source: Tilley et al., 2008).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div></div>
Protection de l'environnement	<div></div>
Facilité de mise en œuvre	<div></div>
Robustesse de la technique	<div></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div></div>
Coûts et bénéfices	<div></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div></div>

: Point fort de l'équipement. : moyen. : faible.

Principes de base

A rappeler que dans les différentes conditions, une unité de traitement est exigée à l'aval de ces réseaux

Réseau simplifié :

- Le réseau simplifié est conçu de manière à pouvoir être posé au sein ou autour d'une propriété privée, et optimise dans ces conditions les coûts des terrassements tout en augmentant les possibilités des branchements individuels. Ce réseau est peu exigeant sur le plan robustesse tant qu'il évite les surcharges routières

- Le réseau simplifié est une option nécessitant un consentement de la population riveraine d'où un effort de négociation et d'information plus important pour sa mise en place et son entretien

Réseau décanté :

- De par sa conception, les conditions d'auto-curage ne sont pas exigées dans le réseau décanté
- L'intercepteur, la fosse septique ou la fosse de décantation

retient les particules décantables qui pourraient colmater les conduites de petit diamètre comme peuvent le faire les matières flottantes et les graisses qui sont également retenues dans la fosse à l'aide d'un té (voir fiche technique « Fosse septique »).

- Le tracé peut avoir peu de points d'inspection (regards de visite), épouser le profil du terrain, avoir une faible profondeur de pose et accepter des tronçons à contre-pente.



Figure 2: Travaux d'excavation pour la réalisation d'un réseau décanté à Libuyu (un quartier de Livingstone), Zambie. Le réseau comprend des regards de visites, une station de pompage, plusieurs toilettes et dix digesteurs fonctionnant comme décanteurs intermédiaires pour les matières solides (source: P. Feiereisen, 2011).

Conditions d'application

Le réseau simplifié ou décanté est approprié pour des quartiers péri-urbains densément peuplés qui manquent d'espace pour une latrine ou pour un champ d'infiltration.

Par mesures de précaution, ce type de réseau doit être placé en dessous du niveau des canalisations d'eau potable. De ce fait, la profondeur sera plus ou moins importante.

Réseau simplifié:

Pour prévenir les bouchages et entretenir le réseau, un prétraitement approprié est exigé. Il est recommandé que l'écume des eaux grises, les solides lourds et les déchets soient séparés des eaux usées avant le rejet dans le réseau.

Réseau décanté:

Bien qu'un approvisionnement permanent en eau soit exigé, le réseau décanté exige moins d'eau pour un fonctionnement normal en comparaison avec le réseau simplifié parce que les vitesses d'auto-curage ne sont pas exigées.

Options possibles de valorisation

Il s'agit d'une technique de transport qui ne modifie pas les caractéristiques des eaux transportées. La possibilité de passer à une réutilisation dépendra de l'unité de traitement placée derrière le réseau.

N.B: La réutilisation des eaux usées convoyées par un réseau d'égout sans traitement préalable est largement pratiquée dans le monde mais, il faut signaler qu'elle n'est ni saine ni recommandable.

Chiffres clés

Diamètre des conduites	Généralement faible : de l'ordre de 100 à 200 mm
Entretien	Inspection des regards du réseau tous les 3 mois (tous les mois pour ceux situés à des changements de direction), vidange des équipements domestiques toutes les 3 à 6 semaines.
Coûts d'investissement	<ul style="list-style-type: none"> • Variable selon le type de sol, la pente, la profondeur, la densité des habitations, la distance pour le transport de matériaux et des équipements • Les coûts d'investissement des réseaux simplifiés sont relativement moins élevés que pour les réseaux conventionnels.
Coûts d'exploitation	Selon la longueur du réseau, présence des déchets encombrants, qualité physico-chimique des eaux usées, le coût de la main d'œuvre
Durée de vie	20 ans et plus.

Conception et construction

Les principaux critères de dimensionnement se rapportent au nombre d'habitants concernés par le projet, la consommation en eau et sa décomposition, le volume des eaux usées, la topographie du terrain, la vitesse d'auto-curage et les positions des points de rejets (exutoires).

Le réseau simplifié est constitué:

- Au niveau des habitations: (1) de toilettes, douches et évier où sont déversés les eaux usées (ces dispositifs peuvent être équipés de grilles pour éliminer les composantes grossières) (2) d'une boîte de branchement au réseau au niveau du ménage.
- En dehors des habitations: (3) des conduites de diamètre 100 à 150 mm, (4) de points de raccordement à la conduite principale au point le plus bas, (5) des regards assurant un accès au réseau pour l'entretien, (6) dans certains cas, d'une ou plusieurs stations de relevage avec deux pompes pour emmener les eaux vers le dispositif de traitement.

Le réseau décanté est constitué:

- Au niveau des habitations: même composantes que celles exigées par le réseau simplifié (1) et (2).
- En dehors des habitations : (3) d'une fosse de décantation ou d'une fosse septique recevant les eaux usées, (4) des conduites de diamètre 100 mm, (5) de points de raccordement à la conduite principale, (5) des regards assurant un accès au réseau pour l'entretien.



Figure 3: Travaux de réalisation d'un réseau décanté dans le village d'Ait Faska, Maroc (source: B. El Hamouri, 2003).



Figure 4: Réseau décanté à petit diamètre: regard de jonction de deux collecteurs village de Toug El Khir, Maroc (source: B. El Hamouri, 2002).

Entretien et maintenance

- Les principales opérations d'exploitation sont l'inspection des regards du réseau tous les 3 mois (tous les mois pour ceux situés à des changements de direction), la vidange des équipements domestiques toutes les 3 à 6 semaines, la vérification du niveau des arrivées d'eau à la station de relevage éventuelle.
- Les opérations d'exploitation du réseau nécessitent au moins deux opérateurs/(trices) pour assurer une maintenance et un bon entretien du réseau ainsi que la réalisation des branchements pour la population.
- Le réseau nécessite d'être purgé au moins une fois tous les ans en tant qu'entretien préventif régulier indépendamment de ses performances.

Réseau simplifié:

- Le prétraitement se fait à l'aide de grille.
- Dans le meilleur des cas, les ménages peuvent participer à l'entretien du réseau quoique dans la pratique cela n'est pas d'usage.
- Il est recommandé de solliciter quand c'est possible, une Entreprise privée pour l'entretien. Les opérateurs/(trices) inexpérimenté(e)s ne disposent pas souvent des compétences nécessaires pour détecter des problèmes dans le réseau avant qu'ils s'aggravent.
- Les bouchages peuvent être traités en intervenant à partir des vannes de débouchage situées dans les regards de visite. Une certaine longueur d'un câble rigide mais

flexible est introduite dans la conduite colmatée par force.

- Les regards de visite doivent être vidés périodiquement pour empêcher que les granulats débordent dans le système.

Réseau décanté:

- La fosse septique ou la fosse de décantation doit être régulièrement entretenue et vidangée pour assurer une performance optimale du réseau décanté.
- Si le prétraitement est efficace, les risques de colmatage des conduites sont très faibles. Un entretien périodique est néanmoins recommandé.

Aspects sanitaires et environnementaux

Bien dimensionnés, mis en place et entretenus, les réseaux représentent un des moyens les plus sûrs et hygiéniques pour véhiculer les eaux usées.

N.B: Les usagers/(ères) doivent être parfaitement informé(es) et sensibilisé(es) sur les risques sanitaires causés par le colmatage des réseaux et la nécessité d'un bon entretien et d'un nettoyage des regards d'inspection.

Acceptabilité

- Cette technique nécessite de l'entretien parfois de la part des usagers/(ères). Ces dernier(es) doivent ainsi assurer une part de la responsabilité et accepter d'opérer au besoin dans l'entretien bien que cela est relativement désagréable.
- Les usager(ères) doivent être sensibilisé(e)s que ce genre de projet est à caractère communautaire nécessitant ainsi leur adhésion et leur appropriation.
- Les usagers(ères) doivent systématiquement éviter de drainer les eaux pluviales dans le réseau non dimensionné à cet effet. Cette pratique doit être interdite et bien appropriée par la population.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Peut être réalisé et réparé par les matériaux locaux • Les travaux de pose du réseau permettent d'assurer de l'emploi local pendant la durée des chantiers • Le coût d'investissement est inférieur à ceux des égouts gravitaires conventionnels. Les frais d'exploitation sont aussi abordables • Le niveau de confort est satisfaisant • Les éventualités d'extension du réseau sont possibles • Peut être adapté aux changements et au développement des localités • L'emprise du sol concerné est maîtrisée
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Les opérations de la maintenance et de l'entretien nécessitent des compétences techniques • Fréquence élevée des colmatages par rapport au réseau gravitaire conventionnel à entretenir • Une sensibilisation de la population pour la bonne exploitation du réseau est nécessaire • Les effluents et la boue collectés des regards d'interception nécessitent un traitement secondaire ou une mise en décharge appropriée • Les excréta sont dilués par les eaux usées et donc non adaptés à une réutilisation

Exemples au Maroc

Un des cas connu au Maroc du réseau decanté a été réalisé dans le cadre d'un projet de développement intégré TARGA II, financé par la Coopération Autrichienne au profit de l'Association TARGA en 2000.

Ce projet se situe au douar Toug El Khir à la Commune de l'Ouneine (Haut Atlas) et concerne 34 ménages, un hammam et une mosquée. Le système d'assainissement comporte une fosse de décantation en traitement primaire, un réseau de collecte long de 2000 ml et un filtre planté à macrophytes en traitement secondaire. Le débit traité oscille autour de 0,25 l/s.

La mise en œuvre du réseau s'est appuyée sur :

- Chaque ménage dispose de sa propre fosse de décantation à une seule chambre. Dans certains cas, la fosse est raccordée à plusieurs ménages. Les fosses sont munies d'un trou d'homme pour l'inspection et la vidange
- Le volume de la fosse conçue correspond à 60l/habitant(te), avec un maximum de 10 habitants(tes) par fosse.
- Les conduites dimensionnées pour le réseau ont un diamètre DN110

Une évaluation technique du projet a eu lieu en 2002 et a mis en exergue le bon fonctionnement du projet.



Figure 5: Regard de visite d'une fosse de décantation au niveau de ménage en aval du réseau d'égout decanté, le village Toug El Khir, Maroc (source: B. El Hamouri, 2002).

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Duebendorf, Switzerland. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)pS-Eau (2010). Guide 4: Choisir des solutions techniques adaptées pour l'assainissement liquide. http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?document_id=2359&l=fr
- (3)SSWM (2013). Implementation Tools. <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-collection/hardware/sewers/simplified-sewers> et <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-collection/hardware/sewers/solids-free-sewers>
- (4)Le Jallé, C. (2013) Alternative sewerage systems for the provision of sanitation services http://www.susana.org/_resources/documents/default/2-1861-iwa-christophe-le-jalle-presentation-ii.pdf et <http://www.pseau.org/mini-egouts>
- (5)Mara, D. (2001) PC-Based Simplified Sewerage Design. University of Leeds, <http://www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/Sewerage/>
- (6)Melo, J. C. (2005). La experiencia de los sistemas de agua y alcantarillado condominiales en Brasil (in Spanish) - The experience of water and condominium sewage systems in Brazil - Estudios de casos de Brasilia, Salvador y Parauapebas. World Bank. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/523>

(7)Regelsberger, M. (2000). Gestion intégrée des ressources hydrauliques et de promotion féminine - Assainissement de Douar Toug El Khir, Etude Détaillée, AEE, Autriche http://www.susana.org/_resources/documents/default/2-1722-tougelkheirassainissement.pdf

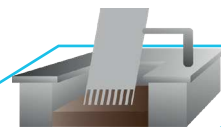
(8)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>



FICHES TRAITEMENT

SUR SITE OU HORS SITE

FICHES TRAITEMENT SUR SITE OU HORS
SITE



4. TRAITEMENT SUR SITE OU HORS-SITE

12 Prétraitement

Informations générales

Le traitement préliminaire assure les fonctions suivantes :

- Elimination des déchets de grande taille (chiffons, sachets plastiques, etc...) pour éviter le colmatage des conduites et le dysfonctionnement de pompes éventuellement
- Elimination des huiles et des graisses qui forment un film à la surface des eaux à traiter et empêchent, à cet effet, les échanges gazeux avec l'atmosphère notamment l'oxygénation
- Elimination des sables et particules inertes qui encombrer les ouvrages, et perturbent les turbines des pompes

Autres noms: Traitement préliminaire, bac dégraisseur, déshuileur, dégrillage, dessablage

En anglais: Pre-treatment, preliminary treatment, screens, sand and grit removal, grease trap

N.B: La présente fiche se limite à présenter les grandes lignes et les caractéristiques générales du traitement préliminaire. Il est conseillé de recourir à la littérature et la bibliographie spécialisée en cas de besoin d'informations plus approfondies. A consulter aussi des expert(e)s pour le dimensionnement d'une unité complète de traitement préliminaire.

Le traitement préliminaire précède dans les unités de traitement complètes, le traitement appelé « primaire » et qui permet la décantation des boues. Ces dernières doivent isolément ou mélangées aux boues secondaires pour subir une digestion anaérobie ou aérobie pour leur stabilisation.

Le « décanteur simple », utilisé dans les petites stations et dans les systèmes autonomes à l'échelle du ménage ou des écoles, par exemple, remplit la même fonction. Sa conduite et son dimensionnement sont similaires à ceux de la fosse septique (voir fiche technique sur la fosse septique).

Par conséquent, selon cette définition, le traitement préliminaire n'inclut pas de procédés physiques de décantation des solides ni biologiques destinés à leur transformation.

Principes de base

Dégrilleur:

Le principe du dégrilleur repose sur le tamisage de l'eau usée pour écarter les objets volumineux. Le dégrilleur peut consister en une grille dont l'inclinaison, l'épaisseur et l'écartement entre deux barreaux voisins sont déterminés par calcul.

Un dégrilleur peut utiliser deux grilles consécutives, la première à grand écartement et la seconde à faible écartement.

Le dégrilleur peut également consister en un tamis dont la maille est définie en fonction de celle des déchets à éliminer. Les déchets piégés sont enlevés manuellement puis évacués vers la décharge.

Déshuileur:

Le principe du déshuileur consiste à placer un baffle en travers du canal d'entrée des eaux usées dans la station. Le baffle empêche le film flottant, constitué d'huiles et de graisses, de passer vers la station de traitement.

Cette séparation eau/huile peut être réalisée pour les petits ouvrages ou pour les installations individuelles à l'aide d'un Té. La partie supérieure du Té doit dépasser la surface de l'eau et la partie inférieure est dirigée vers le fond de l'ouvrage (Fig. 2).

Dans les grandes stations de traitement, la remontée des huiles et graisses à la surface peut être forcée par l'injection de l'air sous forme de fines bulles dans le fond du bassin de déshuilage.

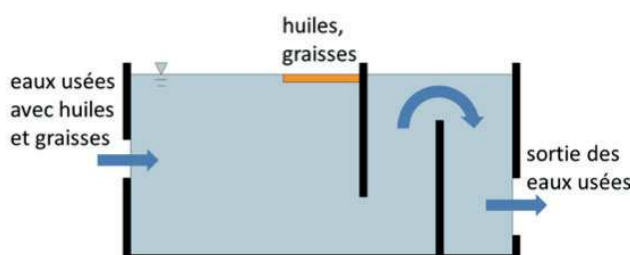


Figure 2: Schéma simplifié du fonctionnement d'un déshuileur (source: A. Schroeder, 2015)

Dessableur:

Le principe du dessableur repose sur la réduction de la vitesse d'écoulement de l'eau dans le canal d'amenée des eaux usées de sorte que la décantation du sable et des particules solides inertes puisse avoir lieu.

La baisse de la vitesse est obtenue par l'élargissement du canal d'amenée et le stockage du sable décanté est rendu possible par la mise en place d'une gouttière au fond du canal.

Toutefois, la vitesse d'écoulement ne doit pas baisser en dessous d'un seuil donné pour éviter la décantation des boues primaires. Généralement, deux canaux sont construits en parallèle de sorte que l'on puisse s'arrêter momentanément pour le curage du sable accumulé dans la gouttière. Le sable est dégagé manuellement à l'aide de pelles et envoyé à la décharge.



Figure 3: A gauche: Canal dessableur à la station de la ville de Hajja, Yemen (à gauche: canal en fonctionnement; à droite: canal mis en repos avec sable accumulé en séchage avant évacuation) (source: El Hamouri, 2004). A droite: Canal de dessablage en amont d'un filtre planté à Haran-Al-Awamiéd près de Damas, Syrie (source: E. von Muench, 2009).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	■
Protection de l'environnement	■
Facilité de mise en œuvre	■
Robustesse de la technique	■
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	■
Coûts et bénéfices	■
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	■

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.



Figure 1: Unité de dégrillage installée dans une station de traitement à Norton, Zimbabwe (source: P. Feiereisen, 2011).

Conditions d'application

Le choix d'une technique de traitement préliminaire dépend du type (sur site ou hors site) et du débit de l'eau usée à traiter. Le traitement préliminaire ne doit pas nécessairement englober les trois étapes (dégrillage, dessablage et déshuilage). L'une ou l'autre peut être éliminée selon les caractéristiques de l'eau usée à traiter.

Le dégrillage est indispensable pour:

- Les systèmes de traitement qui ne possèdent pas une étape

de traitement primaire.

- Les systèmes anaérobies à flux ascendant pour éviter le colmatage des conduites d'entrée de l'influent et les déversoirs triangulaires d'évacuation de l'effluent en surface (cas de l'UASB).
- Les systèmes de filtres plantés.
- Les fosses septiques en système autonome décentralisé servant de nombreux ménages (500 à 1000 habitants).

Le dessablage est indispensable pour:

- Les stations qui nécessitent un relevage par pompage pour éviter la détérioration rapide des turbines des pompes.
- Les systèmes anaérobies à flux ascendant pour éviter l'encombrement des réacteurs et l'obligation de devoir les arrêter pour dégager le sable accumulé.
- Les fosses septiques placées en amont d'un système d'assainissement collectif possédant un réseau unitaire et une voirie défaillante pour éviter les curages fréquents.
- Les systèmes de traitement utilisant un massif filtrant comme les filtres plantés pour éviter le colmatage des filtres et l'ensablement du siphon auto-amorçant pour ceux à écoulement vertical.

Options possibles de valorisation

Les techniques de traitement préliminaire ne sont pas spécialement considérées sous un angle de valorisation mais sous celui d'assurer la durabilité du système de traitement choisi.

N.B: En raison de leur valeur énergétique élevée, les matières grasses éliminées au niveau du traitement préliminaire, peuvent alimenter un digesteur anaérobie pour produire plus de biogaz.

Chiffres clés

Dimensionnement/Conception	Dépend de la technique considérée et de la taille de l'installation. Se référer à un(e) expert(e) ou à la littérature spécialisée.
Coûts d'investissement	<ul style="list-style-type: none"> Dépend de la technique considérée et de la taille de l'installation Très variable, généralement faibles mais peuvent être élevés pour les équipements mécanisés de grande taille
Coûts d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> Dépend de la technique considérée et de la taille de l'installation Très variable, généralement faibles
Durée de vie	Dépend de la technique choisie; généralement 20 à 30 ans.

Conception et construction

Le dégrillage (grilles et tamis):

- Il existe divers dispositifs de tamisage allant des grilles à barreaux aux écartements larges aux tamis les plus fins. Tous peuvent être manuels ou mécaniques. Il s'agit d'une séparation physique basée sur la taille.

- Généralement, les petites stations de traitement (moins de 1000 habitants et habitantes) sont conçues sans dégrilleur. Dans ce cas, les fosses septiques, les bassins à baffles ou les filtres à compost peuvent remplir la fonction de dégrilleur. Cependant, cette approche dépend beaucoup de la conscience des utilisateurs/trices de l'utilité du réseau pour leur confort et leur santé ce qui les empêche d'y jeter les objets grossiers.



Figure 4: Dégrilleur à deux étapes, d'abord à fort puis à faible écartement des barreaux à la station de la ville de Hajja, Yemen (source: El Hamouri, 2004).

Le déshuilage au niveau du ménage en traitement sur site:

- Pour intercepter les graisses du ménage et les empêcher d'atteindre l'unité de traitement, un bac, appelé dégraisseur peut être utilisé comme piège à huiles et graisses. Il est connecté à l'évier de la cuisine pour empêcher les huiles et les graisses d'être mélangées avec le restant des eaux usées du ménage. La conduite d'entrée que celle de la sortie doivent être munies d'un tamis amovible pour retenir les déchets de cuisine volumineux.
- Si le déshuilage est la seule étape de traitement préliminaire de l'eau grise avant un filtre planté, il peut être nécessaire de combiner le déshuileur avec un bassin de décantation ou bien d'installer une sortie au fond du déshuileur. Ceci permet d'évacuer le mélange boue/décantat qui peut être formé par le mélange du sable, du savon et des déchets alimentaires qui autrement passeront dans le filtre planté.
- Le principal critère de conception est la quantité des eaux usées à traiter. Pour une séparation efficace des graisses, le temps de séjour des eaux usées dans le bac dégraisseur doit être de 15 à 30 minutes (stabilisation et refroidissement des eaux). Le volume du bac dégraisseur doit donc tenir compte de cet aspect.

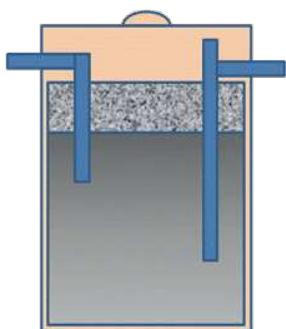


Figure 5: Dégraisseur à l'échelle d'un ménage muni d'un seau intérieur qui est retiré pour éliminer la graisse accumulée. En haut à gauche: Schéma. En haut à droite: Dégraisseur utilisé pour l'effluent d'un évier de cuisine comme traitement préliminaire d'un filtre planté à Lima, Pérou. En bas: Composantes d'un dégraisseur individuel (source: H. Hoffmann, 2010; entreprise TIGRE s/a).

Le dessablage

- Le dessablage n'est pas inclus comme étape préliminaire de traitement dans la plupart des petites unités de traitements des eaux usées.
- Le dessableur est installé après le dégrilleur avant le pompage des eaux usées brutes dans la station d'épuration.

Entretien et maintenance

- Les tâches de conduite et de maintenance des techniques décrites dans cette fiche technique dépendent surtout de la taille de l'installation et de la technique. On retient essentiellement :

Pour le déshuileur :

- Elimination régulière des graisses accumulées en surface et des éléments solides déposés au fond, vérification de l'état du revêtement intérieur.
- La couche de matières flottantes doit être régulièrement éliminée avant qu'elle ne devienne si épaisse qu'elle se mélange avec l'effluent du bac dégraisseur. La fréquence d'élimination de cette couche dépend de la quantité de graisses utilisée dans la cuisine.
- La couche de matière flottante éliminée doit être traitée par compostage par exemple ou bien en la transportant par camion-citerne vers la station d'épuration s'il en existe une à proximité.

Pour le dégrilleur :

- Un nettoyage régulier de la grille doit être assuré. Il peut être fait manuellement par un(e) ouvrier(ère) ou par un mécanisme (dégrillage mécanique).

Aspects sanitaires et environnementaux

N.B: Si l'entretien est négligé, ceci peut entraîner des problèmes d'odeurs ainsi qu'une pollution environnementale. Ceci est le cas par exemple quand les refus sont accumulés dans la zone de dégrillage.

Des précautions sont à prendre en considération au cours de l'entretien et de la maintenance de ces techniques. Le risque d'entrer en contact avec les eaux brutes par les ménages ou par les opérateurs/(trices) est éventuel.

Acceptabilité

Ces techniques sont bien appropriées et acceptées par la population. Le manque de l'entretien demeure néanmoins le seul problème à évoquer.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none">• Les techniques décrites sont à faible coût et sont techniquement accessibles.• La graisse récupérée dans un dégraisseur peut être utilisée pour la production de biogaz ou pour un compostage
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none">• Il peut y avoir des émanations de mauvaises odeurs au niveau des unités de dégrillage et dessablage.

Exemples au Maroc

Au Maroc, le traitement préliminaire constitue un problème récurrent rencontré. En effet, et particulièrement dans les moyens centres et villes, les voiries génèrent souvent des quantités importantes de sables et débris qui colmatent les avaloirs quand il s'agit de réseau unitaire. En temps de pluie, ces matières sont acheminées vers les stations d'épuration et compromettent à cet effet le bon fonctionnement du processus d'épuration.

Les traitements préliminaires ne sont pas encore bien maîtrisés sur le plan technique au niveau national, où les références de dimensionnement proviennent souvent de pays développés et dont le problème de dépôts de sables notamment est peu posé.

Une capitalisation des expériences nationales en matière de traitement préliminaire est recommandée pour mieux orienter les concepteurs/(trices) dans le dimensionnement selon des conditions similaires et adaptées au Maroc.



Figure 6: Panier dégrilleur amovible: à gauche: potence et palan de hissage; à droite: panier en place. Station de lagunage de M'Rirt, Maroc (source: El Hamouri 2005).

Bibliographie

- (1)Xanthoulis, D. et al (2008). Les techniques d'épuration des eaux usées à faibles coûts. EU project on Development of Teaching and Training Modules for Higher Education on Low-Cost Wastewater Treatment, Contract VN/Asia-Link/012, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1725>
- (2) Grela, M. R. (2006). Manuel technique pour la conception, le dimensionnement, l'implantation, la construction et l'exploitation des systèmes d'épuration des eaux usées adaptés à des installations de petite capacité. Partie II Petite collectivités. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et Office National de l'Eau Potable (ONEP) de Maroc, Rome, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1650>
- (3)Hoffmann, H., Platzer, C., von Münch, E., Winker, M. (2011). Technology review of constructed wetlands - Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Germany, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/930>
- (4)Liste de documents (contient documents dans la partie 1a sur les aspects de traitement): http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/2013-02-gt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf
- (5)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>
- (6)Bureau d'Etudes Industrielles "Energies renouvelables et Environnement" <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD1011/bei/beiere/groupe5/node/61>

TRAITEMENT HORS-SITE

13 Bassins de lagunage

Informations générales

Les bassins de lagunage sont de grands plans d'eau artificiels dont les eaux usées sont traitées par des processus naturels. Ils peuvent être utilisés individuellement, ou être reliés en série pour l'amélioration du traitement. Il y a trois types de bassins: i) anaérobie, ii) facultatif et iii) maturation. Chacun de ces bassins a des caractéristiques propres à lui (surface, profondeur, temps de séjour) et assure une fonction épuratoire spécifique

Autres noms: lagunage naturel

En anglais: ponds, waste stabilisation ponds, lagoons

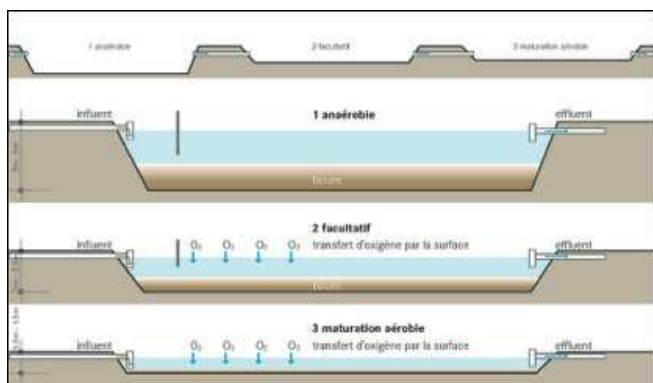


Figure 1: Schéma typique d'un système de lagunage: un bassin anaérobie, un bassin facultatif et un bassin pour la maturation aérobie en série (source: Tilley et al., 2008). Les bassins illustrés par le schéma de principe suivant sont juxtaposés mais en réalité ils sont disposés en série.

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	■
Protection de l'environnement	■
Facilité de mise en œuvre	■
Robustesse de la technique	■
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	■
Coûts et bénéfices	■
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	■

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.



Figure 2: Bassin de lagunage à Tiznit (Maroc) (source: M. Wauthelet, 2009).

Principes de base

Pour un traitement optimal, les bassins doivent être connectés en série de trois ou plus avec un effluent transféré à partir des bassins anaérobies aux bassins facultatifs et finalement aux bassins de maturation aérobie.

- Le bassin anaérobie réduit les solides et la DBO, comme étape de traitement primaire. Le bassin est un lac artificiel assez profond où sur la profondeur entière le bassin est anaérobie.
 - Les bassins anaérobies sont construits à une profondeur de 2 à 5 m et ont un temps de rétention relativement faible de 1 à 3 jours.
 - Les bactéries anaérobies convertissent le carbone organique en méthane et en CO₂ et dans le processus, éliminent jusqu'à 60% de la DBO.
 - Les bassins anaérobies sont capables de traiter les eaux usées fortement chargées.
 - Des algues s'y développent (lagune à mycophytes).
- Dans une série de bassins de lagunage, l'effluent du bassin anaérobie est transféré dans le bassin facultatif où la DBO est davantage éliminée.
 - Un bassin facultatif est moins profond qu'un bassin anaérobie et des processus aérobie et anaérobies s'y produisent.
 - La couche inférieure est privée d'oxygène et devient anoxique ou anaérobie. Les solides décantables s'accumulent et sont digérés au fond du bassin.
 - Les organismes aérobie et anaérobies travaillent ensemble pour atteindre des réductions de DBO de l'ordre de 75%.
 - Le bassin doit être construit à une profondeur de 1 à 2,5 m, et avoir un temps de rétention entre 5 à 30 jours.
- Après les bassins anaérobies et facultatifs, peuvent être réalisés autant de bassins aérobie (de maturation) que nécessaire pour un meilleur polissage de l'effluent.
 - Un bassin aérobie fait référence généralement à un bassin de maturation, polissage, ou de finition car c'est habituellement la dernière étape dans une série de bassins et il fournit le niveau final du traitement.
 - Il est le moins profond des bassins, habituellement construit avec une profondeur entre 0,5 et 1,5 m pour s'assurer que la lumière du soleil pénètre sur toute la profondeur pour favoriser la photosynthèse.
 - Puisque la photosynthèse est basée sur la lumière du soleil, les niveaux d'oxygène dissous sont élevés pendant le jour et baissent au cours de la nuit.
 - Les bassins anaérobies et facultatifs sont conçus pour l'élimination de la DBO, et les bassins de maturation assurent la fonction d'élimination des germes pathogènes.

- Ce bassin peut être planté (lagune à macrophytes).

N.B: Pour éviter les infiltrations dans le sol, les bassins doivent être étanches sur le fond et les parois (en argile, asphalte, terre compactée, béton, géomembrane ou tout autre matériel imperméable).



Figure 3: Bassins facultatifs en construction dans la station d'épuration de Lubigi à Kampala, Uganda (source: E. von Muench, 2012).

NB: La capacité de la plus petite STEP avec bassins de lagunage en exploitation se situe autour de 2000 habitants et on peut même descendre jusqu'à 1000 habitants (source: Chalabi, 2014).

La plus grande STEP avec bassins de lagunage devrait se situer autour de 150.000 EH (la plus grande STEP en lagunage aéré présente une capacité de 500.000 EH³⁰). - A noter: « EH » est l'équivalent habitant basé sur 30 g de DBO₅/jour (attention en Europe c'est 60 g).

Conditions d'application

Les bassins de lagunage fonctionnent dans la plupart des climats, mais sont plus efficaces dans les climats chauds et ensoleillés. Dans le cas des climats froids, le temps de rétention et les taux de charge peuvent être ajustés de sorte que le traitement soit efficace.

Ils peuvent être appropriés pour les communautés rurales qui ont de grands terrains vagues, inutilisés, loin des habitations et des espaces publics. Ils ne sont pas appropriés par contre pour les zones très denses ou urbaines.

Options possibles de valorisation

- Les bassins de lagunage permettent la valorisation de i) l'eau épurée (effluent de catégorie B ou même A de la norme nationale de 2002 en cas de maturation efficace), ii) des boues stabilisées. Les boues évacuées du bassin anaérobie représentent en fait un mélange de boues stabilisées et de boues fraîchement déposées. Cependant, la part de boues stabilisées est plus importante.
- Les boues peuvent être réutilisées comme produit d'amendement organique des sols après un traitement approprié comme le séchage prolongé ou le co-compostage susceptibles d'assurer une suppression des pathogènes (voir la fiche technique sur l'épandage des boues et digestat).
- Les bassins de lagunage ne sont pas désignés à l'optimisation de la réutilisation. Une part significative de l'eau est perdue

par évaporation (env. 2 à 7 mm/jour).

Chiffres clés

Dimensionnement/Conception	<p>Bassin anaérobie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profondeur: 2 à 5 m • Temps de rétention hydraulique: 1 à 3 jours <p>Bassin facultatif:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profondeur: 1 à 2,5 m • Temps de rétention hydraulique: 5 à 30 jours <p>Bassin maturation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profondeur: 0,5 à 1,5 m • Temps de rétention hydraulique: 15 à 20 jours • Temps de rétention hydraulique total: 20 à 60 jours
Performance	<p>Bassin anaérobie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réductions de DBO (demande biochimique en oxygène) jusqu'à 60% <p>Bassin facultatif:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réductions de DBO jusqu'à 75% <p>Bassin maturation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elimination de 90% de DBO et MES (matières en suspension) et réduction des pathogènes. Pertes en azote.
Fréquence pour vidanger les bassins	Bassin anaérobie: tous les 1 à 2 an(s)
Coûts d'investissement	<ul style="list-style-type: none"> • Variable selon la nature géotechnique et topographique du site, la taille du centre, le coût des matériaux de construction, la main d'œuvre, les terrassements, le foncier et la distance par rapport aux points d'approvisionnement aux matériaux et équipement nécessaire. • Valeur typique moyenne au Maroc: 300 MAD/habitant (27 Euros/habitant) (petits et moyens centres urbains)^a
Coûts d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • Selon le coût de la main d'œuvre, du pompage (électricité), du curage des bassins et entretien des espaces verts (gardiennage) • Coût faible comparativement aux systèmes intensifs comme les boues activées
Durée de vie	25 à 50 ans

^aSource: Ismaili (2014)

Conception et construction

Un système de lagunage est constitué (1) d'un dégrillage pour éliminer les éléments grossiers, (2) d'un dégraisseur pour éliminer les huiles et les graisses si nécessaire, (3) d'un bassin anaérobie profond (profondeur supérieure à 2 m) pour éliminer les solides et la matière organique, (4) d'un bassin facultatif (profondeur comprise entre 1 et 2,5 m) pour éliminer les pathogènes et les éléments minéraux, (5) d'un bassin de maturation (profondeur comprise entre 0,5 et 1,5 m) pour achever le traitement.

Les principaux critères de conception sont la quantité des eaux usées à traiter et leur composition, le temps de séjour total (voir « chiffres clés »), la profondeur des différents bassins, le type de végétaux utilisés, la température moyenne du mois le plus froid.

Les formes et la disposition des bassins ne s'apparentent pas toujours à des formes géométriques simples (carrés ou

rectangulaires) mais peuvent épouser et intégrer le paysage.

N.B: à priori, le lagunage est vu comme une technique facile à dimensionner et exploiter. Néanmoins, il n'est pas rare de voir des systèmes de lagunage non fonctionnels pour cause de mauvais dimensionnement et/ou d'entretien insuffisant.

Au cours de la phase de conception, le système doit être prévu pour le traitement des boues du bassin anaérobie évacuées (curage) en moyenne tous les 1 à 2 ans. Les 2 autres bassins doivent être aussi curés tous les 10 à 20 ans.

La stratégie nationale marocaine de la gestion des boues d'épuration a prévu, après l'option de valorisation verte, une autre option qui consiste à la valorisation énergétique des boues dans les cimenteries. Cependant, l'expérience a montré que les boues déshydratées sont très minéralisées et ne se prêtent pas à une valorisation énergétique à cause de leur faible pouvoir calorifique inférieur.

N.B: Les lits de séchage des boues est une technique commune associée à cette technique (voir la fiche technique sur les lits de séchage).

Entretien et maintenance

- Les principales opérations d'exploitation sont: le suivi de la qualité des effluents, la mesure des débits, l'entretien des végétaux (algues, végétaux flottants ou plantés), l'élimination régulière des boues (curage des bassins).
- Pour éviter la formation d'écumes, ou la présence de déchets solides dans les bassins, le prétraitement (pièges à graisse notamment) est essentiel lors de l'entretien.
- Les bassins doivent être vidangés tous les 10 à 20 ans et plus fréquemment pour les bassins anaérobies.
- Une clôture est fortement recommandée pour s'assurer de toute présence de tiers et du bétail in site.
- Les rongeurs peuvent envahir la digue de protection et endommager le recouvrement.
- Au moins deux opérateurs(trices) voire plus devraient se charger de la maintenance et de l'exploitation du système surtout si les bassins sont de grande taille.

Aspects sanitaires et environnementaux

Bien que l'effluent des bassins aérobies contient généralement peu de germes pathogènes, les bassins ne doivent pas être utilisés pour un usage récréatif ou comme source directe d'eau de consommation ou à usage domestique.

Acceptabilité

D'une manière générale la population accepte ce genre de technique pourvu qu'elle soit implantée suffisamment loin des habitations. Les nuisances olfactives sont en effet, un critère majeur de son implantation en tenant compte aussi de la direction du vent.

En principe, les nuisances auprès de la population sont considérées dans les études d'impact sur l'environnement (EIE) qui sont préalables à la mise en place d'un projet de station d'épuration.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none">• Construction et réparation sont possibles avec des matériaux locaux et peuvent fournir de l'emploi.• Faible frais d'exploitation,• Les coûts d'investissements sont plus faibles comparées aux systèmes intensifs (liés au prix du foncier).• Faible production de boues comparée au procédé par boues activées.• Forte efficacité pour l'élimination des pathogènes est possible avec les bassins de maturation.• Aucune source d'énergie électrique n'est nécessaire.• Pour le Maroc: les conditions climatiques sont favorables grâce aux conditions thermiques favorables au processus biologique d'épuration.• Les eaux usées traitées peuvent atteindre la qualité B, selon la norme marocaine; elles peuvent être utilisées pour l'irrigation de fourrages, céréales, oliviers et production de biomasse.• Les boues sont stabilisées, elles sont réutilisables en tant que fumure organique pour les sols agricoles après un long séchage.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none">• Odeurs importantes au bassin anaérobie. Prolifération de mouches si le processus n'est pas contrôlé correctement.• Emprise foncière importante.• Nécessité d'un suivi et un entretien très réguliers du système• Nécessité d'un traitement des boues produites en aval (par lit de séchage solaire ou planté, complété par un compostage).• Possibilité d'utilisation des effluents et des boues mais dans des conditions restrictives.• La technique n'est pas optimale pour la valorisation des eaux usées traitées car on assiste à une perte par évaporation notamment dans les régions chaudes.• Curage des bassins souvent difficile et nécessite des engins spéciaux.

Exemples au Maroc

Le procédé de lagunage naturel ou légèrement aéré, avec ou sans traitement tertiaire, est le plus adopté pour le traitement hors-site (centralisé) au Maroc notamment dans les petits et moyens centres.

Plusieurs stations de lagunage sont existantes ou en cours exécution. Parmi les plus complètes (avec traitement complémentaire notamment avec bassins de maturation et filtration sur sable) qui offrent des opportunités de réutilisation sont par exemple:

- Ben Slimane (STEP de capacité de 5600 m³/j un système de lagunage légèrement aéré pour 86.000 habitants avec réutilisation pour l'irrigation des terrains de golf),
- Tiznit au sud d'Agadir (STEP de capacité 4900 m³/j et de type de lagunage avec traitement tertiaire assuré par des bassins de maturation et une filtration sur sable, et une superficie agricole irrigable de 284 ha);
- Guelmim, site oasien d'Asrir (STEP de capacité 5500 m³/j: bassins de lagunage avec traitement tertiaire.

N.B: Les leçons tirées montrent que ce procédé présente des avantages attractifs quant à son fonctionnement simple et naturel, à ses performances épuratoires alignées aux normes marocaines et à son coût compétitif. Toutefois, les problématiques d'occupation de grandes espaces, les émanations des odeurs et l'envasement des bassins anaérobies constituent des contraintes majeures. Le curage des boues reste très problématique.



Figure 4: Bassin facultatif dans une station de traitement des eaux usées à Ruai près de Nairobi, Kenya (source: D. Mbalo, 2011).

Bibliographie

- (1)MADRPM (1998). Epuration et réutilisation des eaux usées à des fins agricoles Ministère de l'Agriculture du Développement Rural et des Pêches Maritimes, Administration du Génie Rural & Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate, Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2005>
- (2)Himmi N., Hasnaoui, M., Fekhaoui, M., Foutlane, A., El Maroufy, M., Bennazou, T. (2005). Variabilités des descripteurs physiques, chimiques et biologiques d'un réservoir de stockage (lagunage mixte, Ben Slimane - Maroc). Revue des Sciences de l'eau 18/Spécial, p. 91-107, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2085>
- (3)Echihabi, L., Foutlane, A., Yagoubi, A., Bahij., Maghrabi, A., Loulidi, Y. And Lahlou, A. (1999). Evaluation des performances épuratoires de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Benslimane Au Maroc. Type lagunage. 4th International Specialist Conférence on Stabilisation ponds: Technology and Environnement., Marrakech. 20-23 April 1999
- (4)El Hamouri, B. (2008). Rethinking natural, extensive systems for tertiary treatment purposes: The high-rate algae pond as an example - . Desalination and Water Treatment, 4, 128-134, Presented at the 2nd International Congress, SMALLWAT '07, Wastewater Treatment in Small Communities, 11-15 November 2007, Seville, Spain, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2086>
- (5)R.K.X. Bastos, E.N. Rios, P.D. Bevilacqua and R.C. Andrade (2011). UASB-polishing ponds design parameters: contributions from a pilot scale study in southeast Brazil. Water Science & technology 63.3. pp: 1276-1281. <http://www.iwaponline.com/wst/06306/wst063061276.htm>
- (6)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-1>
- (7)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>



TRAITEMENT HORS-SITE ET SUR SITE

14 Hygiénisation des eaux usées traitées

Informations générales

Le post-traitement désigne tout procédé placé derrière une étape de traitement secondaire dont l'objectif est une élimination des pathogènes bactériens et des parasites helminthiques. Le post-traitement assure aussi une élimination partielle de l'azote et du phosphore ainsi qu'une part minime de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO) résiduelle.

L'hygiénisation naturelle résulte de l'exacerbation de l'action létale sur le pathogène de l'un ou de plusieurs facteurs dont on peut citer: i) l'exposition prolongée aux rayons solaires, ii) l'exposition à de fortes chaleurs et à l'absence d'eau iii) l'épuisement de la matière organique dans le milieu, iv) la prédominance des conditions favorables au développement des prédateurs des bactéries et v) l'augmentation des valeurs de pH à des valeurs supérieures à 9.

N.B: Cette fiche technique est consacrée à la seule hygiénisation naturelle étant donné qu'il est très peu envisageable de recourir à une désinfection artificielle en milieu rural au Maroc.

Par conséquent, on se limitera à la description des trois techniques testées au Maroc : (i) le chenal algal, (ii) les bassins de maturation et (iii) les bassins maturation-stockage ou « réservoirs opérationnels ». Les deux premières techniques peuvent être combinées ou mises en œuvre séparément.



Figure 1: Chenal algal et bassin de maturation de la station prototype de l'IAV à Rabat, Maroc. Chenal algal de 900 m² avec roue à palettes. Arrière-plan à gauche: deux bassins de maturation en série (source: B. El Hamouri, 2006).

Autres noms: Désinfection naturelle en post-traitement (autres expressions: post traitement, hygiénisation, traitement tertiaire, désinfection)

En anglais: High-rate algae pond, maturation ponds, maturation or storage ponds (autres expressions en anglais: post treatment, hygienisation, tertiary treatment, disinfection)

Autres techniques d'hygiénisation naturelle:

- Filtration sur sable fin : voir fiche technique « Filtre à sable et à gravier »,

- Séchage des fèces : voir fiche technique « Chambres de déshydratation des fèces »
- Stockage l'urine et fûts ou autres contenants étanches ; voir fiche « Stockage de l'urine »
- Le compostage de fèces purs ou mélangés à d'autres produits organiques : voir fiche « (Co-) compostage »
- L'ajout d'urée sur les fèces (expériences de Björn Vinneras en Suède)
- La pasteurisation par l'utilisation de la chaleur.

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div></div>
Protection de l'environnement	<div></div>
Facilité de mise en œuvre	<div></div>
Robustesse de la technique	<div></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div></div>
Coûts et bénéfices	<div></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div></div>

: Point fort de l'équipement. : moyen. : faible.

Principes de base

Les réacteurs anaérobies (voir les fiches techniques sur les RAFADE, RAC, UASB) sont adaptés pour le traitement collectif des eaux usées en milieu rural. Toutefois et pour permettre une réutilisation saine et durable de leurs effluents, ces procédés nécessitent la mise en place d'une étape de post-traitement dédiée à la désinfection naturelle.

Cette étape de post-traitement peut avoir lieu, sous conditions climatiques favorables, dans des bassins qu'on appelle « polishing ponds » ou bassins de finition. Ces derniers peuvent être assimilés à des bassins de maturation où, la désinfection naturelle est mise en œuvre.

La désinfection naturelle repose sur l'une ou plusieurs des actions suivantes:

- Favoriser l'adsorption des pathogènes aux particules décantables ce qui facilite leur passage dans la phase boueuse. Cette action est rencontrée dans les étapes de prétraitement ou traitement primaire, notamment en bassins ou en réacteurs anaérobies.
- L'abattement des pathogènes par la diminution de la concentration de la matière organique qui sert de source de carbone et d'énergie pour les pathogènes. Ceci est accompli par toute étape de traitement de niveau secondaire permettant une bonne élimination de la

matière organique.

- Favoriser l'inactivation des pathogènes par le rayonnement solaire (avec ses composantes bleue et UV) en augmentant l'exposition au rayonnement solaire et en facilitant la pénétration de la lumière au maximum. Cette situation est essentiellement rencontrée dans le chenal algal à haut rendement et dans les bassins de maturation.
- Favoriser la croissance des protozoaires et des métazoaires comme les rotifères pour accélérer l'élimination des bactéries par prédation. Pour cela le milieu doit être riche en oxygène. Cette situation est rencontrée dans le bassin facultatif (en surface), dans le bassin de maturation et surtout dans le chenal algal.
- Accélérer la neutralisation des pathogènes par les fortes amplitudes de variations du pH qui peuvent avoir lieu entre le jour et la nuit (bassins de maturation et surtout chenal algal).

La plupart de ces mécanismes de neutralisation sont corrélés à la profondeur des bassins. Plus la profondeur du bassin est réduite, plus la pénétration de la lumière augmente et plus la photosynthèse est intense. La conséquence de cela est une importante production d'oxygène (développement des prédateurs dont les rotifères), une augmentation de pH d'où une accélération de la neutralisation des pathogènes.

A un rendement d'élimination des pathogènes équivalent, le chenal algal occupe moins de terrain qu'une série de bassins de maturation. En revanche, il nécessite la mise en place d'une unité de recirculation mécanique de l'eau dans le chenal souvent une roue à aubes ou à palettes.

La technique des bassins de « maturation-stockage » ou « réservoirs opérationnels » consiste à recourir à des bassins profonds de stockage placés derrière un bassin facultatif pour permettre d'atteindre un temps de séjour hydraulique long. L'objectif est une élimination suffisante des pathogènes et en même temps une meilleure gestion de l'irrigation en aval.

Conditions d'application

- Une étape de désinfection naturelle nécessite un traitement robuste et fiable au niveau secondaire. Il faut satisfaire une élimination de 70 à 80% de la demande chimique en oxygène (DCO) et des matières en suspension (MES). Des concentrations résiduelles en DCO et en MES fortes favorisent la survie des bactéries. La présence de MES en forte concentration permet aux pathogènes d'éviter le contact avec les facteurs physiques létaux (lumière-pH) et d'échapper aux prédateurs.
- Les techniques basées sur la désinfection naturelle requièrent des surfaces relativement importantes. C'est notamment le cas des bassins de maturation et du chenal algal.
- Le chenal algal est plus efficace que les bassins de maturation en raison de sa faible profondeur qui est au maximum de 0,80m. A rappeler que les bassins de maturation peuvent atteindre 1 à 1,20 m de profondeur.

Options possibles de valorisation

La désinfection offre l'opportunité de réutiliser les eaux traitées sans aucune menace sanitaire, pour l'irrigation ou toute autre activité similaire (arrosage espaces verts,...)

La désinfection par bassins de maturation et surtout par chenal algal est accompagnée d'une activité de séquestration, sous forme de composés algaux, des nutriments azote (N) et phosphore (P) en solution.

L'irrigation avec les eaux traitées chargées d'algues permet la libération dans le sol des nutriments séquestrés dans les algues. Le rythme de cette minéralisation est notamment dicté par le type de sol, le climat et par le type de culture.

En définitive, la désinfection naturelle se traduit dans ces conditions par une conservation des nutriments et leur recyclage sans risque de pollution diffuse pouvant accompagner les projets de réutilisation.

Chiffres clés

Eléments de dimensionnement	Pour un effluent de catégorie A ^a en toutes saisons, opter pour: <ul style="list-style-type: none">• 6 jours dans un chenal algal suivi d'une série de 2 bassins de maturation (BM) à raison de 6 j/BM ou 12 j/bassin dans une série de 4 BM. Exemple: Valeurs STEP IAV, Rabat ^b : <ul style="list-style-type: none">• 3 jours dans le chenal algal et 1,5 jours dans le BM
Performance	Un abattement des coliformes fécaux de 3 à 4 unités logarithmiques selon les saisons: élimination forte en été; moins élevée en hiver.
Coûts d'investissement	Coût (ouvrages en béton armé) ^c : <ul style="list-style-type: none">• 500 MAD/EH (45 Euros/EH) chenal algal• 300 MAD/EH (27 Euros/EH) pour une série de 2 bassins de maturation
Coûts d'exploitation	Equivalents à ceux du lagunage
Durée de vie	<ul style="list-style-type: none">• 30 ans pour des ouvrages en béton armé ou 15 ans pour bassins imperméabilisés à l'aide du PEHD (polyéthylène à haute densité).• PEHD est meilleur marché mais nécessite une restriction de l'accès à l'installation (protection contre les animaux et contre le vandalisme).

a Pour les définitions de ces catégories voir : <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1836>

b Sur base d'un compromis désinfection (réduction des surfaces occupées et pertes par évaporation) pour un effluent de catégorie A en saison chaude et de catégorie B en saison froide. La différence avec les TRH donnés pour une catégorie A en toutes saisons s'explique par la durée limitée de l'occurrence des conditions hivernales, défavorables à la désinfection.

c Coûts pour une capacité de 1.000 EH (Equivalent-habitants) ; coûts inférieurs pour des capacités plus grandes.

Conception et construction

- Pour le chenal algal, le dimensionnement peut être basé sur les constantes k, de premier ordre d'élimination de N et P. Ces valeurs de k ont été déterminées par traçage chimique et par le suivi des performances d'élimination sur plusieurs années consécutives.
- Pour l'abattement des coliformes fécaux, l'approche de dimensionnement est celle du modèle « mélange complet » de Marais utilisé pour le dimensionnement des bassins de maturation. Le calcul permet de déterminer le temps de séjour nécessaire pour atteindre une concentration donnée de coliformes fécaux dans l'effluent. La constante de mortalité, kt obtenue sur le chenal algal de l'IAV est de 3,7 j⁻¹.

- Selon l'expérience de l'IAV, une roue à palettes multiples en caoutchouc souple, est préférable à une roue à aubes rigides. Elle offre la possibilité d'économiser l'énergie et de donner une longévité au mécanisme d'entraînement mécanique. Il est possible d'assurer l'alimentation électrique de la roue à palettes à l'aide d'une batterie alimentée par panneaux solaires.



Figure 2: Roue à palettes pour chenal algal. En haut: solution classique avec une roue à huit palettes rigides fabriquées en polyester résistant dans une installation à Casablanca. En bas: station d'El Attaouia roue à palettes multiples en caoutchouc épais souple placées sur différents plans; chenal algal de 6400 m² (source: B. El Hamouri, 2006).

- Il est recommandé de placer un baffle immédiatement en amont de la sortie par déversement du chenal algal pour bloquer les matières flottantes éventuelles et empêcher leur passage vers le stade maturation ou vers le réservoir de pompage pour l'irrigation.
- Le dimensionnement des bassins de maturation en mode post-traitement est identique à celui mis en œuvre pour le lagunage naturel.
- Le dimensionnement des bassins de maturation-stockage ou « réservoirs opérationnels » repose sur i) le choix du volume actif qui varie entre 10 et 15 m de profondeur, ii) sur le temps de séjour dans chacune des strates et iii) sur la nécessité de satisfaire les conditions d'un écoulement laminaire interdisant le mélange entre les strates âgées et les strates récentes.
- Les cellules algales concentrent à l'intérieur de leurs tissus les nutriments N et P. Les algues sont consommées par les rotifères et par les poissons dans les oueds d'où une protection de la qualité des eaux de surfaces. La séquestration des nutriments dans les algues est aussi un avantage en cas de réutilisation en irrigation car ils sont libérés progressivement lors de la minéralisation qui a lieu dans le sol. Sans cela, les nutriments seront disponibles en masse lors de l'irrigation et l'excédent est entraîné vers l'oued par ruissellement ou vers les eaux souterraines par infiltration.

Entretien et maintenance

- Le système d'entraînement de la roue à palettes notamment le moteur, la chaîne et les cages des roulements d'appui doivent être régulièrement graissés et protégés de la pluie et du soleil.
- Il est possible de permettre le peuplement des bassins

de maturation et du chenal algal par la gambusie, une espèce de poisson d'eau douce de petite taille redoutable prédateur des larves de moustiques.

- Pour maintenir la performance du chenal algal et des bassins de maturation, il est recommandé de les curer après une durée de 4 à 7 ans pour évacuer la biomasse qui résulte de la sédimentation algale.

Aspects sanitaires et environnementaux

- Le chenal algal et les bassins de maturation utilisés séparément et/ou en série peuvent assurer une désinfection efficace de l'effluent.
- La fixation des nutriments azote (N) et phosphore (P) dans le tissu algal permet de limiter la pollution diffuse. La matière organique algale permet aussi de diminuer les effets négatifs de la salinité sur les cultures sensibles.
- Il s'agit d'une désinfection naturelle sans sous-produits ni consommation d'énergie fossile.

Acceptabilité

- Les unités de traitement où la désinfection sont généralement bien acceptées par la population. Elles ne produisent pas de nuisances et ont la couleur verte des algues.
- Le recours au peuplement de ces unités par les gambusies permet de réduire fortement l'aspect négatif de présence de moustiques.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Le principe du chenal algal et des bassins de maturation repose sur l'utilisation de la seule énergie solaire. • La séquestration lente des nutriments dans les algues est un avantage en cas de réutilisation en irrigation car les nutriments sont libérés progressivement lors de la minéralisation qui a lieu dans le sol.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Les techniques du chenal algal et des bassins de maturation couvrent de grandes surfaces de terrain. • Elles occasionnent des pertes relativement importantes d'eau par évaporation. • Difficulté de recourir à une irrigation localisée en aval de ces techniques en raison du bouchage fréquent des goutteurs par les algues.

Exemples au Maroc

En dehors des stations expérimentales comme Ouarzazate (1990), et celle de Benslimane (1997) avec la technique « maturation-stockage », les bassins de maturation sont encore peu utilisés dans la désinfection naturelle au Maroc. On en rencontre par exemple dans les stations d'Oujda (21 bassins de maturation pour l'irrigation de 1200 ha) et de Beni Mellal (4 bassins de maturation).

La technique « maturation stockage » a été testée à la station de Benslimane en 1993. Cette STEP a été conçue comme lagunage naturel-aéré comprenant en série : 5 bassins anaérobies, 4 bassins d'aération mécanique, 4 bassins facultatifs et 4 bassins « maturation stockage » ayant une profondeur de 5 m couvrant chacun une superficie de 22.000 m² et une capacité de 75.000 m³.

Cette technique a été mise en place pour permettre de satisfaire

les besoins en eau d'irrigation du Golf de la ville de Benslimane à partir des eaux usées traitées de cette ville.

D'après les résultats publiés en 1999, une réduction des coliformes fécaux de 100% a été confirmée après une durée de stockage de 138 jours. L'effluent final était traité au chlore avant son pompage vers le golf.



Figure 3: Technique de «maturation-stockage» appliquée à la STEP de Benslimane. A droite: Bassins de maturation-stockage; à gauche: bassin facultatif (source: B. El Hamouri, 2005).

L'autre expérience est celle de la ville d'El Attaouia en collaboration entre la Municipalité d'El Attaouia, l'USAID et l'ancienne ANHI (Agence Nationale de Lutte contre l'habitat Insalubre) et l'IAV de Rabat. Elle a permis la mise en place en 2003 d'une station basée sur un RAFADE suivi d'un chenal algal puis de deux bassins de maturation en série. La station était conçue au départ pour traiter 450 m³/j ; elle a subi par la suite une extension en 2011 pour passer à une capacité de 1270 m³/j (voir également fiche technique sur le RAFADE).

Bibliographie

- (1)MADPRM (1998). Epuration et réutilisation des eaux usées à des fins agricoles Ministère de l'Agriculture du Développement Rural et des Pêches Maritimes, Administration du Génie Rural & Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate, Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2005>
- (2)Himmi N., Hasnaoui, M., Fekhaoui, M., Foutlane, A., El Maroufy, M., Bennazou, T. (2005). Variabilités des descripteurs physiques, chimiques et biologiques d'un réservoir de stockage (lagunage mixte, Ben Slimane - Maroc). Revue des Sciences de l'eau 18/Spécial, p. 91-107, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2085>
- (3)Echihabi, L., Foutlane, A., Yagoubi, A., Bahij, Maghrabi, A., Loulidi, Y. And Lahlou, A. (1999). Evaluation des performances épuratoires de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Benslimane Au Maroc. Type lagunage. 4th International Specialist Conférence on Stabilisation ponds: Technology and Environnement., Marrakech. 20-23 April 1999
- (4)El Hamouri, B. (2008). Rethinking natural, extensive systems for tertiary treatment purposes: The high-rate algae pond as an example - . Desalination and Water Treatment, 4, 128-134, Presented at the 2nd International Congress, SMALLWAT '07, Wastewater Treatment in Small Communities, 11-15 November 2007, Seville, Spain, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2086>
- (5)R.K.X. Bastos, E.N. Rios, P.D. Bevilacqua and R.C. Andrade (2011). UASB-polishing ponds design parameters: contributions from a pilot scale study in southeast Brazil. Water Science & technology 63.3. pp: 1276-1281. <http://www.iwaponline.com/wst/06306/wst063061276.htm>
- (6)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-1>
- (7)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>

TRAITEMENT SUR SITE ET HORS-SITE

15 Filtre planté

Informations générales

Un filtre planté est un bassin creusé à même le sol puis imperméabilisé ou construit en dur. Il est rempli d'un substrat fait de gravier ou de sable, lequel sert de support à une plante semi-aquatique, hélophyte, type Phragmite (roseau), Typha, Jonc, canne de Provence ou similaire. Les plantes peuvent être choisies pour leur valeur économique ou leur aspect esthétique (production de fourrages, fleurs, biomasse, plantes utilisées en construction ou artisanat).

L'eau usée traverse le substrat sous sa surface supérieure. Cela permet d'éviter la stagnation à l'air libre. On distingue deux types de filtres plantés selon la direction de l'écoulement subsurface de l'eau: horizontal ou vertical.

Autres noms: Lit de roseaux, filtre végétalisé, marais reconstitué, filtre horizontal, filtre vertical.

En anglais: Sub-surface constructed wetland, reed bed treatment system, planted soil filter, horizontal filter, vertical filter.

Filtre planté horizontal

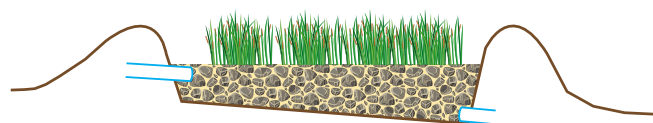


Figure 1: Forme du bassin, succession des composants, circuit de l'eau et gradient hydraulique dans un filtre planté à écoulement subsurface (de sous la surface) horizontal (source: Tilley et al., 2008).

Filtre planté vertical

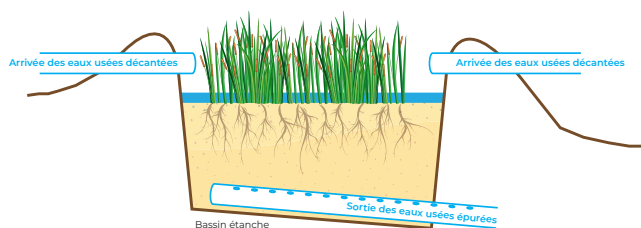


Figure 2: Forme du bassin, succession des composants et circuit de l'eau dans un filtre planté à écoulement subsurface vertical (source: Tilley et al., 2008).

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div></div>
Protection de l'environnement	<div></div>
Facilité de mise en œuvre	<div></div>
Robustesse de la technique	<div></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div></div>
Coûts et bénéfices	<div></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div></div>

: Point fort de l'équipement. : moyen. : faible.

Principes de base

Le filtre planté est utilisé en aval d'une fosse septique ou de bassins de décantation (ou quelques fois d'égouts avec chambres de décantation). Seules les eaux à faibles charges (eaux grises, de lavage, de bains) peuvent directement être traitées en filtres plantés.

Le passage de l'eau usée, à travers le substrat entraîne une filtration mécanique et une décantation de la matière organique particulaire. Les bactéries anaérobies et aérobies fixées sur les éléments du substrat (gravier ou sable) et sur les rhizomes et racines dégradent la matière organique. Le principe est que la dégradation de la biomasse doit l'emporter sur son accumulation pour éviter le colmatage.

Les rôles des plantes et de leurs systèmes racinaires dans le traitement est: (i) de favoriser la conductivité hydraulique du substrat du filtre à l'aide de ses tiges flexibles (en filtre vertical) et de son système racinaire: (ii) d'adsorber et prélever une partie des minéraux solubles pour leurs propres croissances; et (iii) de véhiculer de l'oxygène dissous des parties aériennes vers les racines et rhizomes pour le libérer dans les rhizosphères, ce qui aide à la dégradation de la matière organique par des bactéries aérobies.

Le fond du filtre et les côtés doivent être imperméabilisés à l'aide de dalles et parois en béton ou de maçonneries étanches ou couvertes de géomembranes (bâches) évitant toute infiltration dans le sol. Ces bâches (en PEHD, PP ou PVC) de minimum 1 mm d'épaisseur) peuvent être utilisées seules, mais il faut alors prévoir de placer au préalable du sable, béton léger ou un géotextile pour éviter le percement par les pierres ou les rongeurs.

Le filtre à écoulement horizontal fonctionne essentiellement dans une atmosphère à faible concentration en oxygène dissous. L'apport limité en oxygène résulte de la diffusion de l'air dans la partie superficielle du filtre, mais aussi depuis les racines. Dans le filtre horizontal, l'eau est maintenue à 5-10 cm en dessous de la surface pour éviter les odeurs, les dépôts de boues et la prolifération des algues et des insectes.

Le filtre à écoulement vertical est généralement alimenté par bâchées de courtes durées séparées par des périodes de ressuyage. Le passage de l'eau entraîne un renouvellement important de l'air par convection et par diffusion ce qui enrichit le milieu en oxygène et favorise la biodégradation aérobie et la nitrification. Les filtres verticaux à sable et gravier sont plus compacts et peuvent produire un effluent de meilleure qualité en comparaison avec les filtres horizontaux.

N.B: L'efficacité de traitement dépend du volume noyé du filtre, du temps de séjour, de la température, de la qualité des eaux usées, du substrat et de la plante utilisée. La section transversale du filtre détermine entre autre le débit maximal admissible.

Les pathogènes sont éliminés en grande partie grâce à la filtration mécanique, aux conditions d'anaérobiose et à la prédation rencontrées dans le filtre horizontal.



Figure 3: Filtre planté de roseaux et de fleurs (canas) pour une école et une mosquée à Dayet Ifrah, Maroc (source: GIZ-ACIRE, 2012).

Conditions d'application

- Le filtre planté est une technique simple à mettre en place et à entretenir. Elle peut donc être largement appliquée dans toutes les régions du Maroc. Les performances épuratoires sont élevées si le système est suffisamment grand; il faut donc disposer de surfaces suffisantes (3 m²/personne sous climats chauds à tempérés et 5 m²/personne sous climats froids).
- Dans les zones chaudes, l'évapo-transpiration est importante (4 à 7 mm par jour) et les pertes en eau doivent être compensées par des apports au moins équivalents. Par rapport au lagunage, nécessitant des surfaces plus importantes, les pertes sont environ trois fois moins importantes.

Options possibles de valorisation

- Le filtre planté peut être judicieusement utilisé pour valoriser l'eau et les nutriments tout en produisant des plantes intéressantes (voir section conception).
- Le filtre planté permet d'atteindre des qualités exigées par les normes marocaines de réutilisation en irrigation de 2002.
- La réutilisation des eaux traitées en aval du filtre planté est l'irrigation par goutte-à-goutte ou tuyaux dispersants pour les cultures ou les espaces verts.

Chiffres clés

Performance du traitement primaire (pour eaux noires ou chargées)	<ul style="list-style-type: none"> • Le prétraitement doit pouvoir éliminer 60% des matières en suspension (MES) et 30 à 50% de la matière organique (demande biologique en oxygène, DBO). • Les fosses et bassins auront un volume de minimum une fois le volume quotidien en eaux (système collectif) à trois fois (système individuel).
Performance moyenne (taux d'élimination)	<ul style="list-style-type: none"> • DBO: 80 à 90%; MES: 80 à 95%, N: env. 70%, P: 90% • Coliformes fécaux: 99,00 à 99,99%; œufs pathogènes: 99 à 100%
Profondeur de lit	De 0,4 à 0,6 m (à 1 m en filtre vertical).

Coûts d'investissement	<ul style="list-style-type: none"> • Variables selon le type de sol, les coûts des matériaux, de la main d'œuvre, le type et la taille du filtre par habitant. • Coût par habitant: environ de 1000 à 2000 MAD (91 à 182 Euros) en zones à hiver froid à moins de 500 MAD (45 Euros) en plaines
Coûts d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • Il est nécessaire de vidanger (au seau, par succion, par pelle mécanique) la fosse ou le bassin primaire, tous les 1 à 3 ans, lorsque les boues atteignent plus d'un tiers du volume de l'ouvrage. • La récolte des plantes est aussi à considérer si on les exploite. • Le filtre planté lui-même fera l'objet de contrôles et nettoyages réguliers des tuyaux et chambres.
Durée de vie	Estimée à minimum 20 ans.

Conception et construction

Prétraitement:

- Pour éviter tout plastique, pierres, et tout autre objet, une grille peut être nécessaire. Un dégraisseur ou dessableur peuvent aussi être utiles.

Traitement primaire:

- Le traitement primaire est essentiel pour éviter les colmatages du filtre planté par les matières en suspension. Les techniques employées en amont des filtres plantés varient selon la taille de l'installation et la charge des eaux usées à traiter: bac de sable ou à graviers fins, compost filtre, fosse septique, digesteur simple, RAFADE, réacteur anaérobie compartimenté (RAC) ou fosse Imhoff.
- Le colmatage du filtre peut également provenir du fait que l'accumulation de biomasse l'emporte sur sa dégradation d'où l'importance d'un bon dimensionnement.

Plantes et graviers:

- Pour un même niveau de traitement, la surface requise par personne augmente avec la baisse de la température. Au Maroc, il faut compter, par équivalent-habitant, 3 m² en plaines et 5 m² en altitude pour les filtres horizontaux; la moitié serait suffisante pour des filtres verticaux.
- Le dimensionnement du filtre planté repose généralement sur des données empiriques traduites en surface couverte (m² de filtre/équivalent-habitant ou en gramme de DBO appliqué par m²/jour). La DBO ne devrait pas dépasser 10 g par m² et par jour.
- En général, le débit doit être au maximum de 20 à 40 litres d'eaux usées par m² et par jour.
- Un gravier petit, rond et de taille homogène (2-10 mm de diamètre) est généralement employé pour garnir le filtre. Pour limiter le colmatage, le gravier doit être propre et exempt de fines. Du sable en couches alternant avec des graviers fins est souvent employé en filtres verticaux.
- Pour le filtre horizontal, il est préférable de construire des bassins avec un rapport longueur/largeur allant de 3 à 5 et une profondeur de 60 cm au maximum.
- La conception d'un bon dispositif de distribution uniforme de l'eau permet d'éviter les chemins préférentiels. Ainsi,

l'eau sera mieux distribuée grâce à des tubes percés placés horizontalement à l'entrée du filtre dans une zone emplies de pierres de gros diamètre (30 à 80 mm).

- Les eaux traitées en extrémité aval du filtre sont collectées à l'aide de tubes percés placés au fond dans une zone également garnie de pierres de gros diamètre (30 à 80 mm).
- Le fond du filtre doit être de préférence incliné à 1% vers l'aval.



Figure 5: Filtre planté en opération pour le traitement de 30 m³/j des eaux grises du hammam de la ville d'El Attaouia sur une superficie de 200 m² avec filtre vertical à sable grossier planté de roseiers, et filtre horizontal à gravier et phragmites (source: El Hamouri, 2008).

N.B: Il faut éviter les plantes ligneuses (arbres, bambous) qui peuvent endommager les parois ou le film d'étanchéisation.

Outre les roseaux (Phragmites), les massettes (Typha) et les joncs, il est possible de produire des cannes pour l'artisanat et les toitures, des fourrages, des plantes ornementales (canas, papyrus), des combustibles ou des plantes aromatiques ou médicinales selon les demandes locales.



Figure 4: Traitement d'eaux usées sur filtre planté de papyrus (source: H. Hoffmann, 2007).

Entretien et maintenance

- L'entretien régulier des traitements préliminaires et primaires est très important et consiste à les vidanger en enlevant toutes les matières solides en suspension et matières inertes. (voir les fiches spécifiques à ces ouvrages).
- Après de nombreuses années, les solides s'accumulant dans les pores laissés libres entre les particules de gravier, et les racines et rhizomes finissent par provoquer le colmatage du filtre et la baisse des performances. Il est alors conseillé d'enlever au minimum la partie amont des graviers et de la nettoyer avant de la replacer.
- Le nettoyage régulier des conduites d'entrée et de sortie et des regards de visite et des éventuelles chambres de répartition (entre les différents filtres) est recommandé.

Aspects sanitaires et environnementaux

- Les risques liés à la prolifération des moustiques, aux odeurs, à la présence d'eaux contaminées en surface, aux dépôts excessifs de boues sont très réduits par rapport aux systèmes de traitement où l'eau usée est en surface, comme le lagunage.
- Sur les filtres verticaux, une couche de boues peut s'accumuler après plusieurs mois et il faut alors l'enlever avec des précautions sanitaires (gants et bottes) et assurer un traitement adéquat (séchage, décharge). Il est à noter que le filtre vertical peut être alimenté par des tuyaux placés sous la surface des graviers.
- Les parties superficielles des plantes n'étant pas en contact avec les eaux ne sont pas contaminées.
- Le filtre planté est plaisant sur le plan esthétique et peut être intégré dans les espaces verts des zones d'habitat ou dans des parcs de loisir.

Acceptabilité

Le filtre planté est normalement bien accepté par les utilisateurs/trices car il peut produire des plantes utiles, embellir la zone concernée et donner un paysage plaisant avec des plantes ornementales. Il offre également un habitat pour les oiseaux, les insectes et autres petits animaux. Il peut néanmoins poser des problèmes d'émission de mauvaises odeurs quand il fonctionne mal ou s'il est mal conduit.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Forte réduction de la matière organique polluante et des matières en suspension. • Très bonne réduction des pathogènes. • Peut être construit et entretenu avec des matériaux et des travailleurs locaux. • Aucun besoin en énergie électrique si la topographie le permet. • Faibles coûts d'exploitation. • Système simple à comprendre et à entretenir par du personnel peu qualifié. • Le niveau de traitement permet une réutilisation en irrigation et la production de plantes exploitables.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts d'investissement pouvant être élevés (coûts du terrain, parois, bache, matériaux). • Prétraitement et traitement primaire sont nécessaires pour retenir les inertes et boues qui doivent ensuite être enlevés (pénibilité du travail et risques sanitaires possibles). • La forte évapotranspiration estivale des plantes en été réduit les quantités d'eaux disponibles en aval d'un filtre planté notamment de type horizontal.

Exemples au Maroc

Deux projets pilotes méritent d'être cités à l'échelle nationale.

Exemple 1: Projet Dayet Ifrah (AGIRE-GIZ):

Le village de Dayet Ifrah est situé en zone montagneuse (Moyen Atlas) en bordure d'un lac. Plusieurs filtres plantés ont été mis en place dans ce village en 2011: On cite, entre autre,

Filtre planté pour les eaux usées d'une école et d'une mosquée (env. 1 m³ d'eaux usées/jour, 10 EH). Ce filtre planté est associé à un traitement primaire en digesteur (à dôme hémisphérique) de 4 m³. La combinaison du digesteur et du filtre planté a permis des taux de dégradation importants: la

matière organique a été réduite de 98%, l'azote de 52% et le phosphore de 60%

Schéma et caractéristiques du filtre planté:

- Filtre planté de roseaux (Phragmites) et fleurs (Canas): 50 m² (largeur: 5 m; Longueur: 10 m, Profondeur: 0,6 m).
- Deux types de graviers: 20 à 50 mm à l'entrée et sortie et 5 à 10 mm pour le reste.
- Le filtre planté est construit en béton avec mortier intérieur étanche.

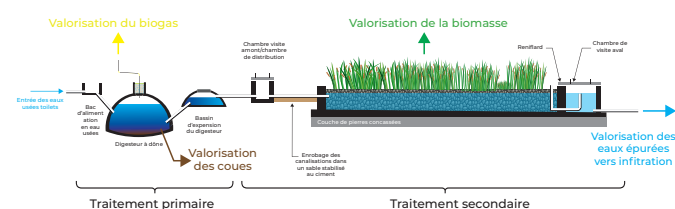


Figure 6: Coupe du système 'filtre planté' à Dayet Ifrah, école et mosquée (source: GIZ-AGIRE, 2011).

Exemple 2: Projet pilote à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (Rabat)

Il s'agit d'une unité pilote de filtres hybrides vertical/ horizontal/ vertical (12 m³/j et 120 EH sur base de DBO) qui a été testé entre avril 2007 et septembre 2013.

Bibliographie

- Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments/h>
- (3)El Hamouri, B., Kinsley, C., Crolla, A. (2012). A hybrid wetland for small community wastewater treatment in Morocco. Sustainable Sanitation Practice, Issue 12, p. 22, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1572>
- (4)Fonder, N. (2010). Hydraulic and removal efficiencies of horizontal flow treatment wetlands. PhD Thesis, Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belge, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2022>
- (5)Hoffmann, H., Platzer, C., von Münch, E., Winker, M. (2011). Technology review of constructed wetlands - Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Germany, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/930>
- (6)Khiyati, M. (2012). Estimation du coût de construction des systèmes d'assainissement écologiques rural - Projet Pilote Dayet Ifrah, GIZ-AGIRE, Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1730>
- (7)Wauthelet, M. (2011) Guide de dimensionnement, de construction et de fonctionnement d'un filtre végétalisé. GIZ-AGIRE, Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1655>
- (8)Liste de documents (contient documents dans la partie 1a sur les aspects de traitement): http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/2013-02-gt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf
- (9)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>.

5. TRAITEMENT HORS-SITE

16 Filtre à sable et à gravier



Informations générales

Un filtre à sable (ou à gravier fin) est un système de traitement centralisé ou semi-centralisé pour les eaux usées. Ce filtre offre des conditions optimales pour la dégradation des matières organiques et élimine efficacement les matières en suspension (MES) et les pathogènes à travers divers processus biologiques, physiques et chimiques. Les eaux usées sont en général traitées au préalable dans des systèmes de décantation (traitement primaire) ou dans des systèmes de traitement secondaire. Les systèmes de filtration lente sur sable fin se caractérisent par une grande fiabilité. A défaut de sable, le filtre sera rempli de graviers fins.

Ils fonctionnent comme des filtres plantés verticaux, mais ne sont pas couverts de végétaux. Les eaux épurées sont généralement collectées dans des drains entourés de graviers et placés dans le fond du filtre. Quelques fois, les eaux épurées s'infiltrent directement dans le sol.

Autres noms: Filtre à sable intermittent, filtre à sable intermittent lent, lit d'infiltration-percolation, filtre vertical à gravier ou à sable, filtre non planté

En anglais: Slow sand filter, sand filter, gravel filter, 'unplanted' vertical filter

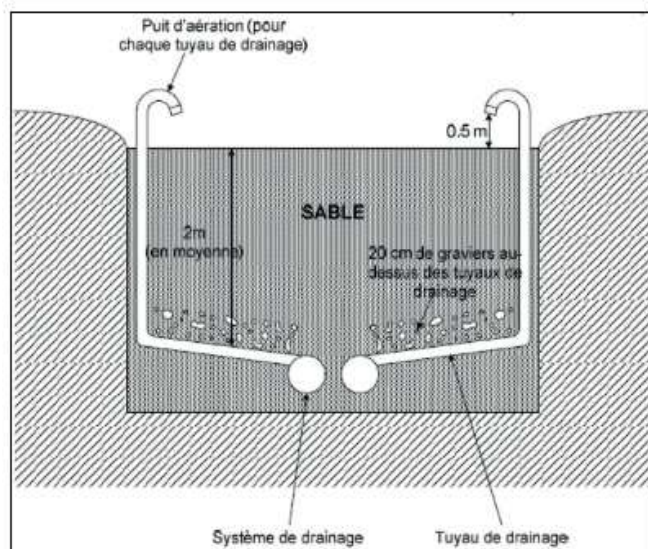


Figure 1: Exemple d'un filtre à sable utilisé à Ben Sergao (Agadir) (source: Xanthoulis et al., 2008).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div><div></div></div>
Protection de l'environnement	<div><div></div></div>
Facilité de mise en œuvre	<div><div></div></div>
Robustesse de la technique	<div><div></div></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div><div></div></div>
Coûts et bénéfices	<div><div></div></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div><div></div></div>

: Point fort de l'équipement. : moyen. : faible.

Principes de base

- Les eaux usées s'écoulent à travers un lit de sable dans lequel se développent une multitude de micro-organismes. Ainsi, l'eau est traitée à travers divers processus physiques (adsorption) et biochimiques (oxydation et biodégradation aérobie des matières organiques).
- Les filtres à sable demandent les mêmes pré-traitements (dessablage, dégrillage) et traitements primaires (décanteurs par exemple) que les filtres plantés afin d'éliminer les boues et les matières inertes. Quelques fois, le filtre à sable est placé en aval d'un traitement secondaire (lagunage, digesteurs,...).
- A la surface du filtre se forme une couche gélatineuse biologique, appelée la « Schmutzdecke » (un mot allemand qui signifie « couche de saletés »). Ce biofilm est composé de bactéries, d'algues filamenteuses, de diatomées, de protozoaires, de rotifères, de petits vers et d'autres petits organismes. Le biofilm fonctionne comme une membrane biologique, qui capte et digère la matière organique, les bactéries et les algues mortes contenues dans les eaux usées.
- La charge organique d'un filtre à sable représente la charge organique journalière appliquée à la surface du filtre. Habituellement, la charge organique est exprimée en $\text{kg DBO/m}^2/\text{j}$ et les valeurs varient de 2,5 à plus de 10 $\text{g DBO/m}^2/\text{j}$ (DBO est la Demande Biologique en Oxygène). En général, l'augmentation de la charge organique diminue la qualité de l'effluent pour un substrat donné.
- Dans la plupart des cas, le fond du filtre est totalement imperméable - grâce à une géomembrane ou du béton - et l'eau usée traitée y est collectée par des drains couverts de graviers.
- Si le filtre a la vocation de recharge des nappes, le fond du filtre est construit en matériaux perméables de telle sorte que l'eau percole depuis la surface du filtre dans le sol ou jusqu'à l'aquifère. Ces filtres à sable sont dénommés « sans fond ».

Conditions d'application

- Les filtres à sable sont habituellement utilisés pour des petites collectivités, de moins de 10.000 Equivalents Habitants (EH). Cependant, ils peuvent aussi convenir pour des populations plus importantes, tel qu'à Agadir, Maroc, où des filtres à sable intermittents (en aval de bassins de décantation anaérobies) concernent plus de 500.000 EH.
- Les filtres à sable peuvent aussi être utilisés pour le polissage et la nitrification en aval de systèmes de traitement primaire (comme le lagunage).
- Si le sable fait défaut, des lits de graviers fins peuvent être utilisés. Ils sont alors dimensionnés comme des filtres verticaux plantés. Ils atteignent néanmoins des performances moindres que les filtres à sable. Dans les filtres à gravier, les eaux peuvent être dispersées grâce à un réseau de tubes placés sous la surface pour éviter les odeurs près des habitations.



Figure 2: Filtre à graviers en France (source: CHARTEUSE TP).

Options possibles de valorisation

- Les filtres à sable bien dimensionnés produisent un effluent qui peut être réutilisé pour la recharge en eau des aquifères ou pour l'irrigation sans restriction.
- La technique est appropriée si le but recherché est la réutilisation des eaux et des nutriments, parce que le processus a un niveau élevé d'élimination des pathogènes et des matières en suspension (MES).
- L'eau ne stagne pas et est donc moins sujette à l'évaporation que dans des lagunes par exemple (moins de pertes en eau pour l'irrigation).

Chiffres clés

Dimensionnement / Conception	<ul style="list-style-type: none"> • Les filtres de 1 à 2 m de profondeur sont les plus répandus. • La profondeur minimale satisfaisante rapportée est de 0,5 m.
Charge organique	10 g DBO/m ² /j (jusqu'à 20 g DBO/m ² /j p.ex. à Agadir)
Occupation du terrain	1 à 2 m ² par EH (+ chemins d'accès et berges)
Capacité	40 à 80 litres/m ²
Coûts d'investissement	<ul style="list-style-type: none"> • Le coût dépend du prix du sable et des autres matériaux, du transport, du terrain et de la main d'œuvre. • Celui-ci est généralement faible si le sable de qualité requise est disponible localement.
Coûts d'exploitation	Selon la main d'œuvre pour l'entretien
Durée de vie	Plus de 20 ans

Le sable est le substrat filtrant et constitue le matériau le plus important. La répartition granulométrique des particules et ses caractéristiques sont les principaux paramètres du filtre. Il faut en principe des sables éoliens et calibrés (de 0,2 mm à 2 mm), contenant moins de 3% de fines (poussières fines) et non calcaires.

L'épaisseur d'un filtre à sable (profondeur verticale du filtre) est variable et généralement comprise entre 0,5 et 2 m. Les épaisseurs importantes sont utilisées pour tenir compte des couches de 2 à 5 cm qui sont enlevés lors du grattage périodique des boues à la surface du filtre.

Des filtres à faibles profondeurs ont montré de bons abattements de DBO et de matières en suspension. Le degré de nitrification et celui d'élimination des pathogènes n'est pas en revanche probant.



Figure 3: Filtre à sable à M'Zar STEP près de Agadir, Maroc, juste après une bûchée (source: M. Wauthélet, 2001).

Entretien et maintenance

Le temps nécessaire à l'entretien est variable selon la taille du filtre. il varie de quelques minutes à quelques heures (de 10 à 10 000 EH).

N.B: Il faut respecter des périodes sans alimentation pour que le sable s'enrichisse en air: une nuit ou 1 à 2 jours selon les débits. Pour cela, une alimentation alternée de bassins s'impose.

- L'entretien peut être assuré par des opérateurs(trices) locaux(ales) pour les filtres de petite taille. S'il est de grande taille (système centralisé), le filtre à sable est une technique de traitement qui doit être gérée et entretenue par des professionnels (Iles).
- Les tâches de fonctionnement et de maintenance sont le suivi de la qualité des effluents de sortie, la vérification des systèmes de distribution et séquençage (entrée et sortie, tuyaux de distribution, pompes, etc.) et l'entretien de la surface du filtre par ratissage de la surface et enlèvement de la couche de boues sèches.
- L'entretien la surface du filtre consiste à laisser sécher la surface du filtre et ensuite retirer le film sec (2,5 cm à l'aide de pelle) au minimum tous les 4 mois.
- Le matériel d'entretien est simple et est constitué de râtaux légers, de pelles, de fourches et de brouettes.



Figure 4: Filtre à sable à Gordon Orchard Farm au Canada (source: Agassiz Enviro-Systems Inc.).

Aspects sanitaires et environnementaux

- Les opérateurs/trices doivent être munis(es) de masques, bottes et de gants de protection. Contrairement au lagunage, le filtre à sable n'est pas constitué de bassins d'eau libre et par conséquent, il n'y a pas de risques de noyade.
- Lorsque l'effluent d'une unité de traitement primaire est épandu à la surface du sable, les nuisances olfactives et la prolifération d'insectes peuvent être importantes.
- Les émanations d'odeur et les insectes peuvent gêner fortement le voisinage.

Acceptabilité

Cette technique est généralement bien acceptée par les utilisateurs/trices parce qu'elle n'exige pas une importante maintenance et parce que les eaux usées sont en circulation

subsurface sauf pendant une période plus ou moins brève après l'alimentation (bâchée).

Toutefois, il est recommandé de l'installer loin des habitations si le filtre à sable est de grande taille et en tenant compte de la direction des vents pour éviter les nuisances olfactives.



Figure 5: Filtre à sable de la station d'épuration M'Zar près de Agadir, Maroc (source: M. Wauthelet, 2001). Le résidu observé à la surface du filtre est principalement composé d'algues séchées.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none">• Si la topographie le permet (pente de plus de 50 à 200 cm), le filtre à sable peut être alimenté par gravité..• Grande fiabilité et grande capacité à résister aux fluctuations de la qualité de l'eau.• Elimination très efficace des pathogènes et des matières en suspension.• Produit des eaux traitées qui peuvent être réutilisées pour la recharge en eau des aquifères ou pour l'irrigation sans restriction.• La construction et la gestion peuvent utiliser uniquement des ressources locales (main d'œuvre, matériaux).• Techniquement facile à entretenir.• Faibles emprises au sol pour les filtres (1 à 2 m²/EH)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none">• Les filtres peuvent se colmater – un entretien très régulier est essentiel.• Dans le cas où le bassin d'infiltration est situé à une hauteur supérieure à celle du traitement primaire un relevage est nécessaire.• Grandes quantités de matériaux filtrants (sable ou/et graviers fins).• Exigence de travail manuel pour l'entretien et donc, risques sanitaires.• Odeurs et insectes fréquents (sauf si les tuyaux d'alimentation entourés de graviers sont sous la surface).• Entretien très difficile si les tuyaux sont souterrains.• Concentration élevée de nitrates dans les eaux épurées qui peuvent dégrader la qualité de l'eau souterraine lors de la recharge de petits aquifères, par exemple.

Exemples au Maroc

Filtre a sable Ben Sergao:

Le premier filtre à sable au Maroc a été mis en place en 1988 à Ben Sergao (près d'Agadir, environ 10 000 EH et 750 m³ d'eaux usées par jour). Après dégrillage, le traitement primaire consiste en un bassin de décantation anaérobie de 1500 m³ (profondeur: 3 m à 4 m). Les 5 filtres à sable ont une superficie totale de 7500 m². Chaque jour, 3 bassins sont alimentés successivement par bâchées. Les performances sont réputées très élevées. L'entretien consiste à alimenter par bâchées les filtres et à ratisser leurs surfaces. 100 m³ de boues sont enlevés du bassin de décantation tous les 16 mois. Le projet a été mis en service en 1998 dont le montant d'investissement a atteint 400.000 Euros a été appuyé par l'Agence Française de Développement (conception et

financement) et ensuite par la GIZ (collecte et utilisation du biogaz produit par le bassin anaérobie, 150 m³/j, en groupe électrogène 10 kVA, et tests techniques d'épuration).

STEP M'ZAR:

La station d'épuration M'Zar du grand Agadir (500.000 EH) et gérée par la RAMSA a été construite en 2004 et comporte des filtres à sable en aval de dégrilleurs et de bassins de décantation anaérobies. Ces bassins sont au nombre de 16 (volume unitaire: 15.000 m³) et traitent au total 50.000 m³ d'eaux usées/jour. Environ 3000 m³ de boues sont enlevées mécaniquement chaque année. Une bonne partie des eaux est ensuite évacuée via une longue conduite en mer; au moins 10.000 m³ d'eaux subissent quant à eux un traitement secondaire en filtres à sable (24 unités de 5000 m², soit 1,2 m²/EH). Les filtres ont une profondeur de 4 mètres et sont remplis de sable de dune sur des géotextiles et bâches en PEHD 1 mm. L'alimentation est séquentielle et chaque filtre reçoit des bâchées sur 3 jours et restent ensuite au repos (oxygénation naturelle) durant 2 jours. Les boues sèches à la surface des filtres sont ratissées et évacuées par brouettes.

Bibliographie

- (1)Xanthoulis, D. et al (2008). Les techniques d'épuration des eaux usées à faibles coûts. EU project on Development of Teaching and Training Modules for Higher Education on Low-Cost Wastewater Treatment, Contract VN/Asia-Link/012. Chapitre 4.3, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1725>
- (2)Driouache, A. H. (1999). Optimierung der Abwasserreinigung durch Biogasverwertung auf der Kläranlage Ben Sergao/Agadir, Marokko (in German) - Optimisation of wastewater treatment via biogas utilisation at the WWTP Ben Sergao/Agadir, Morocco. PhD Thesis, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Germany, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2020>
- (3)Grela, M. R. (2006). Manuel technique pour la conception, le dimensionnement, l'implantation, la construction et l'exploitation des systèmes d'épuration des eaux usées adaptés à des installations de petite capacité. Partie II Petite collectivités, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et Office National de l'Eau Potable (ONEP) de Maroc, Rome, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1650>
- (4)Ibariouen, E. (2011) Présentation: Projet d'assainissement, d'épuration et de valorisation des sous produits de la station d'épuration du MZAR du Grand Agadir. RAMSA, Agadir, Maroc, http://www.susana.org/_resources/documents/default/2-1722-atelier-assainissement-agadir.pdf
- (5)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>

COLLECTE ET TRAITEMENT SUR SITE

17 Digesteur classique

Informations générales

Un digesteur classique est une technique de traitement anaérobie (sans air) des matières organiques qui produit (a) un « digestat » (matières digérées) utilisable comme fertilisant et (b) du biogaz riche en énergie. Le biogaz est un mélange de méthane, de dioxyde de carbone et d'autres gaz traces pouvant être directement utilisé en tant que combustible ou carburant dans des appareils tels que fours, réchauds, frigos ou moteurs (groupe électrogène, pompe, voiture).

Autres noms: Réacteur anaérobie à biogaz, digesteur méthanique, digesteur à dôme hémisphérique

En anglais: Anaerobic biogas reactor, dome shaped digester, biogas digester, biogas sanitation

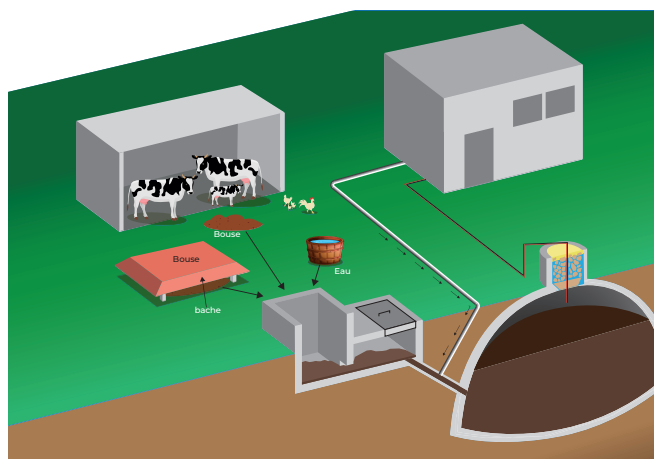


Figure 1: Le principe du digesteur classique (source: M. Wauthelet).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	Point fort de l'équipement.
Protection de l'environnement	Moyen.
Facilité de mise en œuvre	Moyen.
Robustesse de la technique	Point fort de l'équipement.
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	Moyen.
Coûts et bénéfices	Point fort de l'équipement.
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	Point fort de l'équipement.

Point fort de l'équipement. Moyen. Faible.

Principes de base

Un digesteur est une cuve, une fosse ou une citerne étanche qui permet la digestion anaérobie des matières organiques des eaux usées, des boues et de déchets (lisiers, déchets organiques), appelés quelques fois substrats.

Il permet de produire et de collecter le biogaz émis par la digestion anaérobie.

Le digesteur est généralement enterré. Des réservoirs préfabriqués ou des cuves en briques ou béton peuvent être construits en fonction de l'espace, des quantités et qualités des déchets à digérer.

Les matières à digérer doivent être liquides (eaux usées, lisiers, boues) ou diluées (fumier, déchets de cuisine) afin qu'elles s'écoulent facilement dans le digesteur. Il faut enlever les pailles ou autres matières ligneuses afin d'éviter leur accumulation et le colmatage dans le digesteur.

Le temps de rétention hydraulique (TRH) dans le digesteur classique est au minimum de 30 jours en climats chauds (plus de 30°C), et de 50 à plus de 100 jours dans les climats tempérés à froids (25 à 15°C). Cela signifie qu'un débit d'un m³ de matières par jour nécessitera un digesteur de 30 à 100 m³. Un long temps de rétention (60 jours et plus) permet aussi une élimination des pathogènes à plus de 99%.

Normalement, les digesteurs classiques ne sont pas chauffés, mais il faut toujours veiller à une bonne stabilité de la température par exemple par une bonne isolation. Seuls les digesteurs modernes de grandes tailles ou installés dans les pays industrialisés sont chauffés. Une hygiénisation à 70°C est même quelques fois exigée pour des produits à risques (par exemple du sang, des abats).

Le biogaz est produit à toute température positive en deçà de 60°C, mais les vitesses de production sont les plus élevées à 40°C (régime mésophile) et à 55°C (thermophile).

Les matières à digérer et à assainir, sont introduites directement dans le digesteur, par exemple via une conduite venant des toilettes et des étables. Un bac est également prévu pour introduire les substrats moins liquides ou à diluer.

Une fois que les matières organiques entrent dans la cuve de digestion, les bactéries anaérobies les digèrent partiellement tout en produisant du biogaz et des « digestats » qui débordent à l'autre extrémité du digesteur.



Figure 2: Construction de digesteurs pour une ferme, école et mosquée à Dayet Ifrah, Maroc (source: GIZ-AGIRE, 2011).

Le biogaz peut être collecté sous un dôme fixe ou sous une cloche flottante ou sous une bâche:

- Dans le cas du réacteur à dôme fixe, le volume du réacteur est constant. Au fur et à mesure que le gaz est produit il exerce une pression et déplace partiellement les matières de l'intérieur du digesteur vers la chambre d'expansion. Il se trouve alors sous pression et sera relâché via une tuyauterie étanche lorsque les appareils à biogaz seront utilisés. La pression diminue ensuite pour remonter lorsque d'autres matières seront digérées.
- Dans un réacteur à cloche flottante ou à bâche, cette dernière se soulève et retombe avec la production et l'utilisation du gaz.

A l'échelle du ménage, les réacteurs peuvent être fabriqués à partir de containers plastiques ou en béton et peuvent être placés derrière la maison ou enterrés.

Les tailles peuvent varier de 2 m³ (pour une famille simple ayant quelques animaux) jusqu'à plus de 100 m³ pour les toilettes institutionnelles ou publiques ou les fermes de grandes tailles.

Souvent, un réacteur à biogaz est utilisé comme alternative à la fosse septique conventionnelle, puisqu'il offre un niveau supérieur de traitement, mais avec l'avantage supplémentaire du biogaz.

Conditions d'application

- Le digesteur classique est facilement adaptable et peut être appliqué au niveau du ménage ou d'un petit quartier. Il peut être constitué de cuves de différentes matières, enterrées ou non.
- Les digesteurs classiques sont particulièrement bien adaptés à des matières organiques concentrées (boues, lisiers, déchets ménagers, eaux noires). D'autres types de digesteurs existent pour les eaux usées plus diluées.
- Idéalement, le digesteur est à placer près des toilettes, mais également près des lieux d'utilisation du gaz (cuisines).



Figure 3: Digesteur classique à Dayet Ifrah, Maroc. A l'avant-plan: bac d'alimentation des eaux usées et fumiers; au centre: sommet du dôme du digesteur (source: M. Wauthélet, 2014).

Options possibles de valorisation

- Le digesteur classique produit du digestat et du biogaz.
- Le digestat est riche en matières organiques stabilisées et en nutriments et sera post-traité ou directement réutilisé

comme fertilisant. Il est inodore s'il est bien digéré et est en grande partie désinfecté.

- Le biogaz collecté dans la partie supérieure du digesteur est conduit par tuyau galvanisé ou plastique vers les appareils à biogaz (four, réchaud, chauffage domestique ou moteur).

Chiffres clés

Le temps de rétention hydraulique (TRH) dans le réacteur	Au minimum de 30 jours en climats chauds et 50 à plus de 100 jours dans les climats tempérés à froids.
Performance	Jusqu'à plus de 90% en termes de matières organiques biodégradable (DBO5); plus de 99% des pathogènes si TRH suffisant (min. 60 jours); pas de perte en fertilisants (NPK); bonne minéralisation de l'azote en ammonium.
Vidange	Selon les types de matières, elle est à prévoir après plus de 10 ans si des boues inertes se déposent dans le digestat.
Coûts d'investissement	<ul style="list-style-type: none"> • Variable selon le type de sol, la distance pour le transport de matériaux et des équipements, le coût de la main d'œuvre • Valeur typique moyenne au Maroc: 5500 à 22000 MAD (500 à 2000 Euros) par ménage pour des digesteurs de 2 à 30 m³
Coûts d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • Selon le coût de la main d'œuvre • 55 à 1100 MAD (5 à 100 Euros) par an et ménage, mais économies (de bois, de gaz) réalisées par ailleurs grâce à l'utilisation du biogaz.
Durée de vie	Env. 10 à plus de 25 ans

a Source: M. Wauthélet (2014) basé sur Dayet Ifrah, voir plus bas, et aussi Khiyati

Conception et construction

- La construction doit être supervisée par des Ingénieurs et techniciens (ennes) formé(es) et expérimenté(es). Des plombier(ères) et maçons(nnes) peuvent être aussi formé(es) pour sa construction.
- Les constructions doivent être testées avant leur mise en fonction (étanchéité des digesteurs à l'eau et des conduites au gaz).
- Des modèles préfabriqués sont de plus en plus employés; ils peuvent être plus fragiles, mais ils sont standards et peuvent être montés et remplacés rapidement.
- Le dimensionnement doit répondre aux conditions suivantes (temps de séjour, qualité et quantité de matières, conditions environnementales et financières).
- Les installations doivent être protégées du vandalisme et hors de portée des enfants (risques de noyade et d'explosion). Le digesteur, les conduites et les appareils de gaz doivent être bien construits ou montés, afin qu'ils soient robustes et bien étanches.
- Le biogaz en présence d'air et d'une flamme peut exploser ou tout au moins brûler. Il faudra donc veiller également à la qualité des vannes et appareils et à une

bonne ventilation des locaux.

- Les réacteurs anaérobies à biogaz sont constitués:
 - d'un bac d'alimentation dans lequel les fumiers, déchets sont versés et mélangés avec de l'eau et d'une conduite pour les eaux usées;
 - un tube ou buse d'alimentation;
 - d'une cuve de digestion (munie d'une conduite de sortie du biogaz);
 - d'un tube ou une buse de sortie;
 - d'une chambre d'expansion et/ou d'une fosse qui collectent les digestats.

Entretien et maintenance

- Si la conception et la construction respectent bien les standards, l'entretien et la maintenance peuvent être très réduits en matériel et en main d'œuvre.
- Les équipements liés au gaz devraient être nettoyés soigneusement et régulièrement de sorte à éviter la corrosion et les fuites.
- Si des eaux usées brutes sont directement utilisées en digesteur, les matières inorganiques décantées au fond devraient être enlevées dès qu'elles dépassent un tiers de la hauteur du digesteur. Des eaux usées pré-décantées et des lisiers mélangés peuvent permettre d'éviter toute vidange, tout au moins sur plus de 10 à 20 ans.
- Le démarrage ou le redémarrage du digesteur nécessite l'activation des bactéries anaérobies; dans un digesteur alimenté uniquement par les eaux usées, il faut, à température ambiante, plus de 3 mois avant d'atteindre un rendement optimal; si des lisiers ou des fonds de fosses (inoculum) sont ajoutés au départ, le temps d'attente peut être très réduit.
- L'entretien consiste principalement à purger l'eau de condensation des conduites de gaz (ou tout au moins entretenir les purgeurs) et à vérifier leur étanchéité, vérifier l'état du couvercle (du dôme) ou du stockage de gaz (bâche ou cloche), veiller à la bonne alimentation du digesteur (tuyauterie à déboucher éventuellement), vérifier le bon écoulement des digestats et les vidanger régulièrement.
- La maintenance consiste à remplacer les vannes et les appareils de gaz qui se corrodent avec le temps (généralement, 3 à 5 années). Le stockage de gaz (bâche, cloche) peuvent aussi se dégrader et doivent être réparés si nécessaire.
- Pour les petites installations, une formation sommaire au propriétaire du digesteur permettra un bon entretien.
- Les opérations de la maintenance nécessiteraient l'appel à des maçons et plombier. Des vidangeurs (euses) peuvent aussi être sollicité(es).
- Pour les grandes installations, le recours à un opérateur(trice) pour assurer l'entretien technique régulier est nécessaire.

NB: Les entretiens et réparations des installations de collecte, de transport et d'utilisation du biogaz peuvent occasionner des frais assez importants si cela exige des compétences externes (entreprises spécialisées). Ces frais peuvent être compensés par des économies d'énergie et un confort environnemental.



Figure 4: Cuisinière à biogaz à Dayet Ifrah, Maroc. (source: M. Wauthélet, 2013).



Figure 5: Epandage de digestat au jardin d'essai à Dayet Ifrah, Maroc (source: M. Wauthélet, 2013).

Aspects sanitaires et environnementaux

- Le traitement anaérobie en digesteur permet d'assainir les matières organiques, de réduire la pollution et la consommation en énergie fossile (butane, carburant) ou en bois. La technique permet de réduire les émissions de CO₂.
- Au niveau des risques, le digestat n'est pas complètement hygiénisé et comporte toujours un risque d'infection. Des précautions d'usage sont à respecter au minimum pour des digestats agricoles, surtout si le digesteur est alimenté en eaux usées mélangées ou non en lisiers et déchets.
- Il y a également des dangers liés au biogaz qui, mal géré, pourrait être nocif à la santé humaine parce qu'il est inflammable et, contient des traces d'H₂S toxique avant combustion.

Acceptabilité

Cette technique est parfaitement appropriée par la population dont les avantages sont directement ressentis notamment : la bonne évacuation et le traitement efficace des eaux et des déchets, absence d'odeurs nauséabondes, production du biogaz et d'engrais.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> Construction et réparation réalisables avec des matériaux disponibles localement. Les coûts d'investissements sont moyens, les coûts d'exploitation sont faibles. L'emprise au sol est limitée (la majeure partie de la structure peut être enterrée). Production d'une source d'énergie renouvelable et fiable (biogaz) et d'engrais (digestat stabilisé). Aucune énergie électrique requise et longue durée de vie
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> La conception et la construction peuvent nécessiter des compétences élevées, sauf pour des modèles préfabriqués un peu plus simples. Le digestat n'est pas complètement hygiénisé et comporte toujours un risque d'infection. Risques liés à la production de biogaz (explosions, intoxications)

Exemples au Maroc

De nombreux digesteurs avaient été construits au Maroc dans les années 80 et 90. Ils étaient le fruit de programmes nationaux appuyés par des coopérations chinoises, allemandes, américaines. Quelques installations étaient faites avec des cloches métalliques ou en bâches, mais la grande majorité étaient en béton et implantés dans des fermes avec des tailles variant de 10 à 150 m³. Par craintes des risques sanitaires, aucun n'était connecté à une toilette. Les projets subventionnés n'ont pas été poursuivis dans les années 2000 et probablement seuls quelques rares exemplaires existent encore par manque de compétences locales, d'entretien et de maintenance.

Exemple: Une ferme à Dayet Ifrah

- Installé en 2014: 17 habitants, 4 vaches et quelques moutons (contre plus de 10 vaches en 2009).
- Matières organiques utilisées chaque jour dans le digesteur: 20 kg (trop peu) de fumier (dilué par 20 litres d'eau) et env. 40 litres d'eaux usées (toilette connectée).
- Climat d'altitude (hiver à températures négatives).

Dimension:

- Le temps de rétention hydraulique: plus de 150 jours (ce TRH peut être réduit à 60 jours en zones tempérées).
- Volume: 30 m³ (dimensionné pour 200 kg matières diluées).
- Digesteur enterré en briques de béton et à dôme fixe.
- Buse de 200 mm pour le fumier et un autre tuyau PVC 110 mm pour connecter la toilette avec le digesteur.
- Le volume de biogaz mesuré varie de 3 à 5 m³ par jour. Par année, 30 m³ de digestat sont produits; c'est équivalent à 150 kg d'azote, 120 kg de K2O et 55 kg de P2O5.

Coûts:

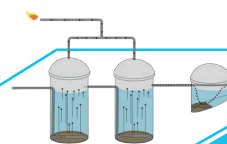
- Les coûts d'investissement: env. 2000 Euros (22000 MAD).
- Réduction des coûts d'exploitation: réduction des dépenses pour le gaz et le bois (env. 3500 MAD/an) et les engrais (moins. 1500 MAD/an).

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland. <http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbktypeitem&type=2&id=1156>
- (2)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/site-storage-and-treatments/anaerobic-di>
- (3)Abarghaz, Y. Mahi, M. Werner, C. Bendaoui, N. and Fekhaoui, M. (2011). Evaluation of formulas to calculate biogas production under Moroccan conditions. Sustainable Sanitation Practice, Issue 9, <http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbktypeitem&type=2&id=1278>
- (4)CDER (1996). Guide de construction et d'utilisation des installations biogaz, Centre de développement des énergies renouvelables (C.D.E.R.), Marrakech, Maroc. <http://susana.org/lang-en/library?view=ccbktypeitem&type=2&id=1734>
- (5)Khiyati, M. (2012). Estimation du coût de construction des systèmes d'assainissement écologiques rural - Projet Pilote Dayet Ifrah, Programme AGIRE, GIZ, Morocco. <http://susana.org/lang-en/library?view=ccbktypeitem&type=2&id=1730>
- (6)Mang, H.-P., Li, Z. (2010). Technology review of biogas sanitation (draft) - Biogas sanitation for blackwater, brown water or for excreta and organic household waste treatment and reuse in developing countries. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). Eschborn, Germany. <http://susana.org/lang-en/library?view=ccbktypeitem&type=2&id=877>
- (7)Wauthélet, M. (2011). Guide de construction d'un digesteur de 30 m³ a vec isolation thermique (pour zones montagneuses) + mode d'utilisation des installations biogaz, Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIZ AGIRE), Maroc. <http://susana.org/lang-en/library?view=ccbktypeitem&type=2&id=1655>
- (8)Wauthélet, M. (2011). Rapports d'expertise sur le projet pilote à Dayet Ifrah - Missions de 1 à 4. <http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbktypeitem&type=2&id=1726>
- (9)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>
- (10)Liste de documents (contient documents dans la partie 1a « aspects techniques de l'assainissement » sur biogaz) http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/2013-02-gt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf

6. TRAITEMENT HORS-SITE ET SUR SITE

18 Réacteur Anaérobie à Flux Ascendant à Deux Etages (RAFADE)



Informations générales

Le RAFADE est constitué de deux réacteurs en série complètement couverts dont les eaux usées transitent depuis le fond vers le haut du système. Le décanteur externe piège la boue et le filtre à gravier retient les particules légères. La boue éliminée est acheminée vers les lits de séchage.

Autres noms: Néant

En anglais: Two stage Upflow Anaerobic Reactor (TSUAR)

Technique apparentée: Upflow Anaerobic Sludge Blanket reactor (UASB), fosse Imhoff, réacteur anaérobie compartimenté (voir fiche « RAC »).

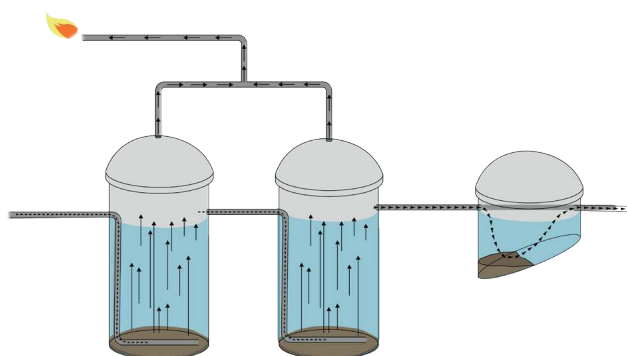


Figure 1: Coupe et circuit de l'eau dans le RAFADE (source: B. El Hamouri).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div></div>
Protection de l'environnement	<div></div>
Facilité de mise en œuvre	<div></div>
Robustesse de la technique	<div></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div></div>
Coûts et bénéfices	<div></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div></div>

: Point fort de l'équipement. : moyen. : faible.

Principe de fonctionnement

- Deux réacteurs anaérobies à flux ascendant en série.
- Un décanteur externe avec lits de séchage des boues.
- La digestion des matières organiques, particulaires et solubles, a lieu en même temps dans les réacteurs.
- Un filtre à gravier pour retenir les particules trop légères

pour être retenues par le décanteur.

- La boue digérée, excédentaire au sein des réacteurs est entraînée par l'effluent, puis piégée au niveau du décanteur. Elle est évacuée vers les lits de séchage par écoulement gravitaire.
- Les coupoles empêchent la vision désagréable des eaux usées brutes, les émanations d'odeurs, la pullulation des insectes et permettent aussi de collecter le biogaz.
- Principales différences avec l'UASB: réacteurs entièrement couverts; deux réacteurs en série au lieu d'un seul et remplacement du séparateur interne des phases par un décanteur externe.

Conditions d'application

- Les techniques anaérobies type RAFADE sont robustes et peuvent s'avérer les plus durables dans le traitement des eaux usées rurales fortement chargées.
- Le RAFADE peut accepter les eaux mixtes ou séparées (grises ou noires). Il est capable de traiter, en même temps, les boues de vidange des regards ou fosses de décantation ainsi que celles des fosses septiques situées hors couverture du réseau.



Figure 2: RAFADE en exploitation à Casablanca pour traiter les eaux usées d'une habitation privée (source: B. El Hamouri, 2004).

Options possibles de valorisation

Le RAFADE permet la valorisation de: i) l'eau épurée (effluent de catégorie B de la norme nationale), ii) la boue stabilisée et iii) le biogaz collecté.

Chiffres clés

Temps de rétention hydraulique	48 h sous climat Méditerranéen (24 h par réacteur)
Vitesse d'ascension	< 0,7 m/h
Rapports diamètre/profondeur testés	0,6 à 1,25
Charge volumique	0,76 à 3 kg DCO/(m ³ .j)
Performances	Abattement: 80% de la DCO et 80% des MES
Coûts d'investissement	Exemple de valeurs au Maroc: 600 MAD/EH* à 670 MAD/EH** (en 2003) (55 à 61 Euros/EH).
Coûts d'exploitation/an	37 MAD/EH/an** (in 1999) (3,5 Euros/EH/an)
Coûts en comparaison avec d'autres techniques	Comparable en termes d'investissement au lagunage. En revanche avantageux dans les coûts d'exploitation.
Durée de vie	<ul style="list-style-type: none"> 30 ans (ouvrages en béton armé) 20 ans (coupôles en fibre de verre)

* Unité de 1000 Equivalent-Habitants (EH) (sans station de relevage). **Unité de 1000 EH (avec station de relevage en fonction de la hauteur des réacteurs par rapport à l'arrivée de l'eau usée).

Conception et construction

- Le RAFADE digère en même temps la matière organique de l'eau et les boues primaires (DCO soluble et particulaire). L'alimentation ascendante favorise le contact entre la boue et l'influent pour en assurer la digestion. Elle permet également d'éviter l'hydrodynamique déficiente et la stratification thermique constatées sur les bassins anaérobies.
- Le RAFADE dispense du curage de la boue, opération compliquée et onéreuse nécessitée pour les bassins anaérobies et les fosses septiques.
- Les performances d'épuration du RAFADE sont équivalentes à celles d'une unité de traitement secondaire soit, une élimination de 80% de la DCO et 80% des MES sans aucune dépense d'énergie.
- La constante, k, de premier ordre de biodégradation de la matière organique est l'élément de dimensionnement des réacteurs. Cette constante a été déterminée par traçage chimique au lithium réalisé sur les réacteurs du RAFADE de l'IAV. Le traçage a montré que le l'écoulement dans les réacteurs du RAFADE tend vers un piston. Les valeurs de k, déterminées pour les réacteurs dits R1 et R2 sont utilisables moyennant les corrections de température nécessaires et pourvu que le rapport diamètre/profondeur, (d/p) soit situé entre 0,6 et 1,25.
- Pour le filtre de gravier, il est nécessaire de connaître les caractéristiques du gravier (taille, porosité, D10, D60) et de déterminer sa conductivité selon la loi de Darcy.
- Pour le dimensionnement des lits de séchage, l'expérience de l'IAV a permis de déterminer les paramètres de dimensionnement: production spécifique des boues: 0,22 kg MES/kg DCO éliminée; productivité du lit: 1,5 kg MES/ (m².j); charge appliquée: 10 kg MES/ m²; cycle de séchage typique à Rabat: 7 j (5 jours à El Attaouia) en saison chaude; >10j en saison pluvieuse.
- Le matériau de construction des ouvrages du RAFADE est

le béton armé et la fabrication des coupôles amovibles en fibres de verre (polyester) résistant à la corrosion et aux UV.

- Le niveau de complexité des travaux est à la portée d'une petite entreprise bien outillée. La durée de réalisation dépend de beaucoup de facteurs mais en général que six à huit mois sont suffisants pour achever et mettre en eau un RAFADE de 10.000 habitants.



Figure 3: RAFADE d'El Attaouia extension en 2011. L'unité comporte: 2 réacteurs en série; 1 décanteur, 1 filtre à gravier et une batterie de lits de séchage (premier plan). Notez la couverture des réacteurs avec des coupôles en polyester (source: B. El Hamouri, 2011).

Entretien et maintenance

- Intervention quotidienne de nettoyage de la grille et l'évacuation des sables du prétraitement à intervalles réguliers (prétraitement nécessaire: dégrillage et dessablage). D'ailleurs cette action est nécessaire quel que soit le système de traitement choisi.
- Evacuation quotidienne des boues du décanteur vers les lits de séchage par simple ouverture de vanne.
- Evacuation des boues sèches des lits de séchage et leur mise en stockage.
- Vérifications de routine de l'étanchéité des coupôles et des conduites de collecte de biogaz.



Figure 4: RAFADE de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan I, Rabat (IAV) avec unité de valorisation du biogaz (source: B. El Hamouri, 2003).

Aspects sanitaires et environnementaux

Le RAFADE confine les eaux usées brutes dans les réacteurs couverts ce qui élimine les risques liés à la pullulation des insectes, à la toxicité du H₂S et l'émission des gaz à effet de serre.

Ce confinement protège également contre les émanations des mauvaises odeurs et donc de la nécessité de s'éloigner des habitations.



Figure 5: RAFADE d'El Attaouia début du projet Phase 1 (2003). Réacteur N°2 couvert à l'aide de PEHD: (polyéthylène à haute densité). En arrière plan: le chenal algal et les deux bassins de maturation en série (source: B. El Hamouri, 2003).

Acceptabilité

Cette technique est appropriée par la population compte tenu qu'elle empêche l'émanation des odeurs et ne nécessite pas de changement de comportement.

L'exemple du RAFADE de l'IAV est assez éloquent. En effet, ce RAFADE a été installé depuis 1997 à moins d'une centaine de mètres des lieux du travail. Aucune réclamation de la part du personnel n'a été enregistrée.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Système robuste capable d'absorber les fortes charges consécutives et de traiter des boues des regards de décantation ou des fosses septiques. • Technique durable car la biomasse produite est éliminée sous forme de boue séchée. • Aucune consommation d'énergie, si la pente du terrain le permet. • Faible emprise au sol. • Faible demande en entretien et maintenance. • Récupération du biogaz pour usage culinaire ou pour chauffage d'eau de Hammam et protection contre les gaz à effet de serre. • Pas de pertes d'eau épurée par évaporation ou évapotranspiration et conservation des nutriments permettant une valorisation de l'eau et des nutriments en agriculture. • L'effluent est de catégorie B, selon la norme marocaine; il peut être utilisé pour l'irrigation de fourrages, céréales, oliviers et production de biomasse. • Les boues sont stabilisées, elles sont réutilisables en tant que fumure organique pour les sols agricoles. • S'accommode aux arrêts accidentels ou programmés (jusqu'à deux mois) avec reprise d'activité biologique dès son réalimentation.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Précautions de restriction de l'accès et protection habituelles des zones de production de produits inflammables, explosifs (méthane). • Construction en matériaux coûteux (béton armé et coupoles en fibres de verre). • Corrosion du béton due à la production d'acide sulfurique similaire à celle décrite pour les conduites d'assainissement des réseaux urbains. • Manque à gagner par rapport à un effluent de catégories A pouvant permettre une réutilisation sans restriction.

Exemples au Maroc

Quatre unités RAFADE sont actuellement opérationnelles d'une au sein de l'IAV à titre expérimental.

Il y'a lieu de signaler que le RAFADE comme technique n'a pas été particulièrement encouragé lors des études antérieures de planification (Schéma National d'Assainissement Liquide datant de 1998), limitant ainsi les opérateurs, Régies et l'ONEE Branche Eau de s'investir dans cette technique.

Quelques unités sont opérationnelles dont:

Exemple 1: RAFADE prototype de l'IAV Hassan II (1000 Equivalents Habitant ou EH)

- Date de mise en eau: Décembre 1996
- Capacité: 60m³/jour (deux unités en parallèles de 30 m³) ou 1000 EH

Composition:

- 1 Réacteur R1
- 1 Réacteur R2
- 1 Décanteur (agrandi en 2004)
- 6 lits de séchage de boue
- 1 Filtre à gravier (ajouté en 2002).

Exemple 2: RAFADE à grande échelle à El Attaouia (15 400 EH)

Les suivis effectués sur l'effluent de la STEP d'El Attaouia ont montré qu'il est conforme à la catégorie B de la norme marocaine destiné à l'irrigation des denrées consommées après cuisson, à l'irrigation de l'olivier et de la luzerne ou du maïs fourrage.

Rappelons qu'un effluent de « catégorie B » doit correspondre à la qualité suivante: absence des œufs d'helminthes, et une concentration en coliformes fécaux (CF) supérieure à 1000 CF/100 mL. Alors qu'un effluent A doit avoir une absence des œufs d'helminthes et une concentration en CF inférieure ou égale à 1000 (norme marocaine, 2002).



Figure 6: RAFADE de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan I, Rabat (IAV): élimination quotidienne des boues excédentaires (source: B. El Hamouri, 2012).



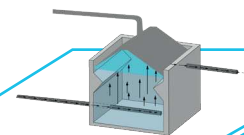
Figure 7: RAFADE du projet El Attaouia: lit de séchage des boues (source: El Hamouri, 2005).



Figure 8: RAFADE du projet El Attaouia: réacteurs couverts à l'aide de coupoles en polyester (source: El Hamouri, 2005).

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland. <http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1156>
- (2)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/site-storage-and-treatments/anaerobic-di>
- (3)Abarghaz, Y. Mahi, M. Werner, C. Bendaou, N. and Fekhaoui, M. (2011). Evaluation of formulas to calculate biogas production under Moroccan conditions. Sustainable Sanitation Practice, Issue 9, <http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1278>
- (4)CDER (1996). Guide de construction et d'utilisation des installations biogaz, Centre de developpement des energies renouvelables (C.D.E.R.), Marrakech, Maroc. <http://susana.org/lang-en/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1534>
- (5)Khiyati, M. (2012). Estimation du coût de construction des systèmes d'assainissement écologiques rural - Projet Pilote Dayet Ifrah, Programme AGIRE, GIZ, Morocco. <http://susana.org/lang-en/library/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1730>
- (6)Mang, H.-P., Li, Z. (2010). Technology review of biogas sanitation (draft) - Biogas sanitation for blackwater, brown water or for excreta and organic household waste treatment and reuse in developing countries. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). Eschborn, Germany. <http://susana.org/lang-en/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=877>
- (7)Wauthelet, M. (2011). Guide de construction d'un digesteur de 30 m³ avec isolation thermique (pour zones montagneuses) + mode d'utilisation des installations biogaz, Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIZ AGIRE), Maroc. <http://susana.org/lang-en/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1655>
- (8)Wauthelet, M. (2011). Rapports d'expertise sur le projet pilote à Dayet Ifrah - Missions de 1 à 4. <http://www.susana.org/lang-en/library/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1726>
- (9)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>
- (10)Liste de documents (contient documents dans la partie 1a « aspects



TRAITEMENT HORS-SITE

19 Réacteur anaérobie à lit de boues à flux ascendant (UASB)

Informations générales

Le digesteur anaérobie à flux ascendant (UASB) est constitué d'un bassin profond de section rectangulaire ou circulaire, les eaux usées prétraitées sont acheminées depuis le fond vers le haut en traversant un lit de boues (biomasse) en suspension. Ces boues filtrent et traitent les eaux usées pendant leur ascension vers le haut du système.

Le réacteur UASB a été mis au point dans les années 70 par l'Université de Wageningen au Pays-Bas. Il est très répandu pour le traitement des eaux usées agroalimentaires. La technique a été par la suite progressivement adoptée pour les eaux usées à caractère domestique notamment dans les pays tropicaux.

Autres noms: Digesteur anaérobie à lit de boue à flux ascendant

En anglais: Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor

Techniques apparentées: Réacteur à Flux Ascendant à Deux Etages (RAFADÉ), Réacteur Anaérobie Compartmenté (RAC)

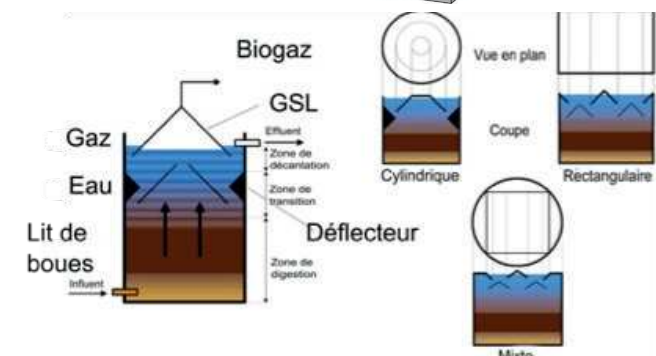
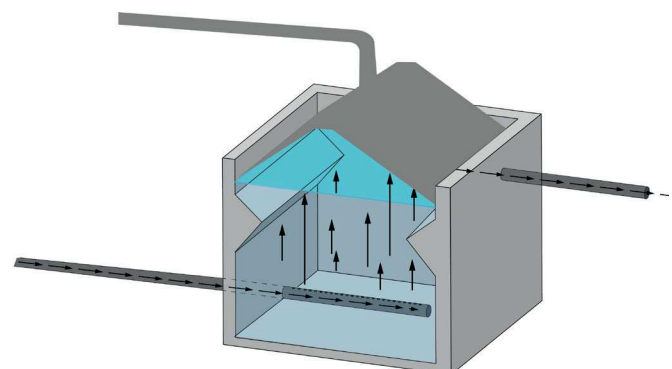


Figure 1: Coupe transversale d'un réacteur UASB (source: Tilley et al., 2008) et différentes versions.

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div></div>
Protection de l'environnement	<div></div>
Facilité de mise en œuvre	<div></div>
Robustesse de la technique	<div></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div></div>
Coûts et bénéfices	<div></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div></div>

: Point fort de l'équipement. : moyen. : faible.

Principes de base

- La partie la plus importante du réacteur est le séparateur des phases gaz/solide/liquide (GSL). Il s'agit d'un ouvrage conique, dont le sommet permet la collecte des gaz produits dans le réacteur.
- Le séparateur GSL est placé au sommet du réacteur qu'il divise en une partie inférieure appelée « zone de digestion », et une partie supérieure appelée « zone de décantation ».
- Etant donné que la paroi du séparateur est inclinée vers le bas, la section de passage s'agrandit au fur et à mesure et l'eau monte dans le réacteur d'où une diminution de la vitesse d'ascension de l'effluent (zone de décantation). Ceci a pour résultat le dépôt des granules bactériens sur la face supérieure du séparateur GSL.
- Sous son propre poids, les granules bactériens finissent par se déposer et atteignent la zone de digestion. Ce dépôt de boue est un processus important dans le fonctionnement du réacteur car il permet d'augmenter la concentration de la biomasse et d'augmenter la vitesse de la digestion.



Figure 2: Avant plan: Réacteur UASB de 15.000 EH pour le traitement des eaux usées domestiques. Arrière plan: lits de séchage des boues. Localité de San Juan del Sur, Nicaragua (source: PROATAS/GIZ – AKUT).

- Dans le traitement des eaux agroalimentaires, le lit de boues est composé de granules ayant entre 0,5 et 2 mm de

diamètre constitués d'une association de microorganismes anaérobies agglomérés (granulats) pour des raisons de complémentarité métabolique. Ceux qui craignant le plus l'inhibition par l'oxygène sont situés au centre du granulat.

- Dans le traitement des eaux usées domestiques beaucoup moins concentrées, la boue est souvent sous forme floculée et non granulaire.
- Dans leur ascension, les bulles de gaz provoquent un brassage des eaux usées ce qui favorise le contact entre la biomasse et l'eau usée.
- Les bulles de gaz entraînent dans leur ascension les granules ou les boues flocuées; le choc contre les parois inclinées du séparateur GSL bloque les boues qui retombent alors que les gaz s'échappent vers le sommet du séparateur GSL.
- L'effluent clarifié est récupéré à la surface du réacteur à l'aide de déversoirs ou tuyaux latéraux.
- Une vitesse d'ascension de 0,7 m/h ne doit pas être dépassée pour garder la couche de boues en suspension et assurer un brassage adéquat du réacteur.
- Le processus de digestion conduit à l'émission de biogaz composé de méthane (CH₄), qui est une source d'énergie renouvelable, de dioxyde de carbone (CO₂), d'azote moléculaire (N₂) et du sulfure d'hydrogène (H₂S).
- En cas de réutilisation non restrictive en irrigation ou de rejet en oued, une étape de traitement complémentaire et une élimination des pathogènes s'avère nécessaire au minimum.
- Le traitement complémentaire en aval peut être par exemple: bassin de maturation, filtre planté, lit bactérien, plantation de biomasse etc. selon que l'on s'oriente vers une réutilisation ou que l'on envisage un rejet.

- Les basses températures réduisent fortement l'efficacité de l'UASB ainsi que les faibles charges.
- Le réacteur UASB fonctionne mieux avec des concentrations élevées en matières organiques. La concentration en demande chimique en oxygène (DCO) doit être supérieure à 400 mg/l sans limite supérieure connue. La limite de 400 mg/l ne posera pas de problèmes étant donné que la DCO de l'eau usée domestique brute en milieu rural marocain est très élevée (900-1200 mg/l).
- Le réacteur UASB est recommandée pour les douars à forte densité d'habitation comprenant (si éventuel) des unités agroindustrielles.
- L'entretien d'un tel ouvrage peut être confié à une Entreprise spécialisée ou à la Commune Rurale si elle dispose des connaissances techniques nécessaires.
- Il est recommandé d'adopter l'UASB comme traitement pour les localités à plus de 10000 EH voir 15000 EH pour assurer un débit assez constant et régulier.

Options possibles de valorisation

- Le biogaz (riche en méthane) collecté peut être utilisé comme source d'énergie renouvelable ou au minimum brûlé pour réduire les émissions des gaz à effet de serre.
- Le réacteur UASB permet la valorisation de l'eau épurée en irrigation (effluent de catégorie B de la norme marocaine 2002).
- La boue extraite du réacteur nécessite un traitement de stabilisation.

Chiffres clés

Élimination de matière organique	<ul style="list-style-type: none"> • Peut éliminer 85% à 90% de la DCO et 60 à 80% des matières en suspension (MES) en conditions tropicales. • Performances réputées réduites en conditions méditerranéennes (été chaud / hiver froid).
Élimination des pathogènes	Faible élimination des pathogènes: une unité logarithmique en général
Temps de séjour hydraulique	Généralement de 6 à 8 h en conditions tropicales
Durée de vie	25 à 50 ans pour ouvrages en béton armé
Efficacité	Élevée (réduction rapide et importante de la charge organique)
Vitesse d'ascension	La vitesse dans la zone de digestion ne doit pas dépasser 0,7 m/h. Les valeurs typiques vont de 0,2 à 1 m/h.
Coûts d'investissement	Les coûts donnés pour le RAFADE testé au Maroc sont à titre indicatif semblables à ceux de l'UASB (voir fiche technique sur le RAFADE).
Coûts d'exploitation	Les coûts donnés pour le RAFADE testé au Maroc sont à titre indicatif semblables à ceux de l'UASB (voir fiche technique sur le RAFADE).



Figure 3: UASB avec torchage de l'excès de biogaz en Afrique du Sud (source: Talbot & Talbot).

Conditions d'application

- Le réacteur UASB est d'abord un procédé de traitement à grande échelle pour les eaux résiduaires agroindustrielles: brasseries, distilleries, industries alimentaires, déchets de pulpe et de papier, que par la suite, a été adapté au traitement des eaux usées domestiques.
- L'UASB est capable d'éliminer 85% à 90% de la demande chimique en oxygène (DCO) en un temps de séjour inférieur à 1 jour.

Conception et construction

- Le dimensionnement du réacteur UASB est basé sur le temps de séjour et sur la vitesse d'ascension de l'influent au sein du réacteur. Il y a trois valeurs-clés de la vitesse d'ascension du liquide dans le réacteur:
 - La vitesse du liquide dans la zone de digestion qui est définie, à un débit donné par la section de cette zone.
 - La vitesse dans les ouvertures situées entre le séparateur GSL ou entre les séparateurs et les murs des réacteurs qui représentent les sections les plus petites du réacteur.
 - La vitesse du liquide à la surface du réacteur définie par la section de cette zone et qui conditionne la décantation des granulats sur la surface des parois du séparateur GSL.
- Le principal paramètre de dimensionnement est la vitesse dans la zone de digestion. Celle-ci ne doit pas dépasser 0,7 m/h pour maintenir la boue dans le réacteur et empêcher sa sortie avec l'effluent.
- La masse de boue à maintenir en permanence au sein du réacteur est calculée selon les coefficients de cinétique des populations bactériennes anaérobies.
- Le matériau de construction conseillé pour les ouvrages de l'UASB est le béton armé ou tout autre matériaux capable d'assurer les mêmes fonctions; la fabrication du séparateur de phase GSL représentant la partie la plus délicate.
- L'effluent est récupéré en surface par débordement à l'aide de déversoirs triangulaires placés le long d'un canal d'évacuation de section rectangulaire.
- Le niveau de complexité des travaux en béton est moyen à compliqué. La durée de réalisation dépend de beaucoup de facteurs mais l'on peut penser que douze mois sont suffisants pour achever et mettre en eau un réacteur UASB pour 10.000 habitants.



Figure 4: UASB traitant 860 m³/j des eaux usées à l'Université UNITRAR à Lima, Pérou (source: LeAF, 2010).



Figure 5: Vue en plan de l'UASB de la figure 4 montrant la surface de l'ouvrage avec au centre le séparateur de phase et la collecte du biogaz ainsi que les déversoirs d'évacuation de l'effluent situés de part et d'autre en longueur. Arrière plan: bassins de post-traitement (source: LeAF, 2010).

Entretien et maintenance

- Principales opérations d'exploitation: évacuation des boues excédentaires sur la base du calcul de la quantité de boues recommandée pour un fonctionnement à l'état stationnaire.
- L'opérateur/trice doit régulièrement contrôler les niveaux des boues et procéder à l'évacuation régulière des boues excédentaires à l'aide de vannes placées à différentes hauteurs sur le côté du réacteur.
- Les boues évacuées sont en fait un mélange de boues anciennes stabilisées et d'autres, récentes, non stabilisées. Elles nécessitent par conséquent un traitement additionnel pour assurer leur stabilisation complète.
- Un suivi de la qualité de l'effluent et de la production de biogaz est nécessaire.
- Un(e) technicien(ne) qualifié(e) est nécessaire avec deux heures par jour de travail pour la conduite du réacteur.

Aspects sanitaires et environnementaux

- L'UASB est une technique de traitement centralisé qui doit être gérée et entretenue par des professionnels(lles).

Acceptabilité

- Le réacteur UASB est une technique hors-site et centralisée. Son appropriation ne devrait pas poser un problème aux utilisateurs/trices.
- L'installation doit être située à une distance suffisante pour éviter le désagrément en cas d'émanations d'odeurs accidentelles.



Figure 6: Réacteur UASB pour les eaux usées de 36.000 EH à Boaco, Nicaragua (source: PROATAS/GIZ – AKUT).

étages. (Mémoire génie Rural IAV Hassan II), <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1840>

(6) Exemples de dimensionnement RAFADE (deux fichiers Excel) <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1840>

(7) SEEE (2007). Normes de Qualité - Eaux destinées à l'irrigation. Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (MEMEE), chargé de l'Eau et de l'Environnement, Maroc. http://www.water.gov.ma/userfiles/file/3_Irrigation.pdf ou <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1836>

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Forte réduction de la matière organique en un temps court. • Accepte des taux de charge organique élevés. • Faible production de boues (vidange peu importante en quantité). • Utilisation du biogaz comme source renouvelable d'énergie est possible. • Faible emprise au sol. • Absence d'équipements mécaniques à l'intérieur du réacteur. • L'effluent est de catégorie B, selon la norme marocaine; il peut être utilisé pour l'irrigation de fourrages, céréales, oliviers et production de biomasse. • Après un traitement adéquat de stabilisation et de séchage, les boues sont utilisables en tant que fumure organique pour les sols agricoles moyennant les précautions d'usage (voir fiche relative aux boues).
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Requiert une expertise pour la conception et la construction. • Complexité et coût de construction du séparateur de phases liquide/solides/gaz. • Maîtrise de la gestion du biogaz. • Odeurs possibles.

Exemples au Maroc

Il n'existe pas encore de réacteur UASB en fonctionnement au Maroc. Plusieurs projets pilotes devraient être mis en place pour déterminer les paramètres de conduite et de dimensionnement applicables pour les conditions climatiques et les caractéristiques des eaux usées rurales au Maroc.

Bibliographie

- (1) El Hafiane, F., El Hamouri, B. (2002). Performances d'un système anaérobie à deux étapes dans le traitement des eaux usées domestiques sous climat méditerranéen. Actes Inst. Agron. Vet. 22 (3) 133-141, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1840>
- (2) El Hamouri, B. (2004). Réacteur anaérobie et chenal à haut rendement pour l'épuration des eaux usées des petites communautés: Réalisation, exploitation et performances. Monographie préparée avec le soutien de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Centre Régional des Activités pour la Santé de l'Environnement (CEHA), Amman, Jordanie, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1840>
- (3) Melkaoui, A. (2006). I) Performances du RAFADE de l'IAV Hassan II. ii) Performances et dimensionnement de l'extension du RAFADE de la station d'épuration d'El Attaouia. (Mémoire, génie Rural IAV Hassan II), <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1840>
- (4) Camara, A., Kpeli, M.K. (2010). Station d'épuration de l'IAV Hassan II treize années après sa mise en fonctionnement: performance du RAFADE et devenir de l'azote dans le chenal algal à haut rendement. (Mémoire génie Rural IAV Hassan II), <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1840>
- (5) Serhane, N. (2005). Etude de l'impact du système de distribution de l'influent et de collecte de l'effluent sur le régime hydraulique et les performances épuratoires des réacteurs anaérobies à flux ascendant et à deux

TRAITEMENT HORS-SITE ET SUR SITE

20 Réacteur anaérobie compartimenté

Informations générales

Un Réacteur Anaérobie Compartimenté (RAC) est une fosse septique améliorée en raison de la série de chicanes à travers lesquelles les eaux usées sont forcées de s'écouler. Le temps de contact élevé avec la biomasse active (boues) améliore le traitement. Pour des considérations de coût, le système de collecte de biogaz du RAC est souvent omis alors qu'il est préférable de l'inclure.

Le RAC peut être utilisé seul ou intégré dans une filière comprenant un prétraitement (dégrillage p.ex.), un RAC et un traitement secondaire (filtre planté p.ex.).

Autres noms: Réacteur anaérobie à chicanes (RAC) ou à baffes

En anglais: Anaerobic baffled reactor (ABR)

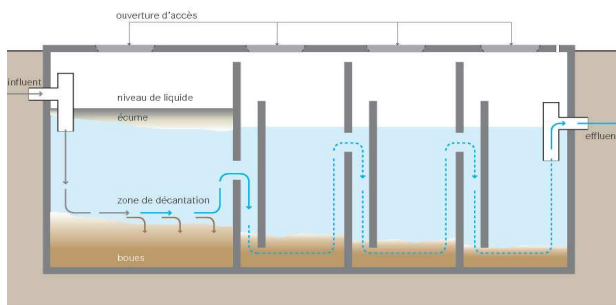


Figure 1: Coupe longitudinale montrant le circuit de la boue et de l'eau dans le RAC (source: Tilley et al., 2008). A noter que les couvercles peuvent être scellés et munis de tuyaux pour collecter le biogaz produit.

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div></div>
Protection de l'environnement	<div></div>
Facilité de mise en œuvre	<div></div>
Robustesse de la technique	<div></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div></div>
Coûts et bénéfices	<div></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div></div>

: Point fort de l'équipement. : moyen. : faible.

Principes de base

- La grande partie des matières décantables se dépose dans la chambre de sédimentation, située dans le 1er compartiment du RAC. Cette dernière peut représenter par exemple 50% de son volume total.
- Les chambres à flux ascendant permettent une élimination et une digestion additionnelles de la matière

organique. Plus leur nombre est grand, plus le rendement d'élimination est élevé. Dans un RAC avec plusieurs compartiments, le rendement (en termes de réduction de la DCO à env. 25°C) peut atteindre 70-à 95% en comparaison d'une fosse septique conventionnelle, qui ne dépasse pas 30 - 40%.

- La boue qui s'accumule dans la zone de décantation doit être évacuée tous les 1 à 3 ans.



Figure 2: RAC pilote sans collecte de biogaz installé à l'Université Kwa-Zulu Natal, Durban, Afrique du Sud (source: M. Khiyati, 2011).

Conditions d'application

- Le RAC peut être utilisé pour traiter les eaux usées de plusieurs centaines d'habitations
- Le réacteur est généralement enterré et occupe peu de place, ce qui est en fait une solution idéale pour les sites où il y a un manque de terrain.
- Le démarrage de la digestion à pleine capacité peut nécessiter plusieurs mois à moins d'être ensemencé par des bactéries actives.
- Un camion vidangeur doit pouvoir accéder régulièrement à l'ouvrage pour prélever les boues. Sans cela, il faudra prévoir des tuyaux d'évacuation des boues pour les rejeter en lits de séchage par exemple.

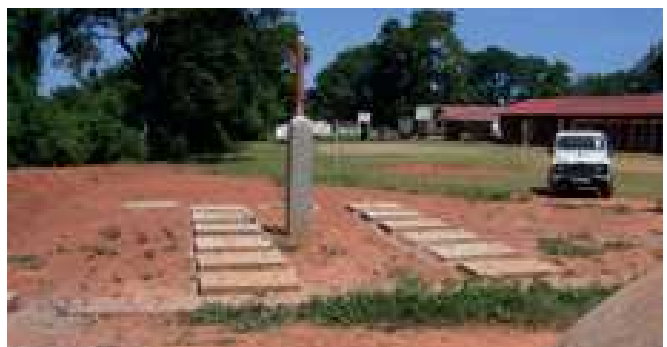


Figure 3: RAC avec collecte de biogaz installé dans le lycée des garçons « Ambira Boys High School » au Central Ugenya location, Kenya (source: C. Rieck, 2010).



Figure 4: Système RAC raccordé aux toilettes d'une école péri-urbaine en Lusaka, Zambie. Le RAC (en avant plan) est précédé d'un digesteur. Il est suivi par la suite d'un filtre planté (à gauche) (source: R. Ingle, 2010).

Options possibles de valorisation

- La réutilisation de l'effluent du RAC est possible. Le type de culture possible dépend des capacités d'éliminer les germes pathogènes. En général, le RAC est suivi d'un traitement secondaire pour améliorer la qualité de l'effluent avant réutilisation.
- La boue évacuée du RAC nécessite un traitement de stabilisation avant son utilisation comme fertilisant.
- Du biogaz peut être produit et collecté du RAC.
- Le RAC peut être placé en aval d'un digesteur classique qui fera office de décanteur.

Chiffres clés

Temps de rétention hydraulique (TRH)	48 à 72 heures (2 à 3 jours)
Rendements attendus	à env. 25°C: <ul style="list-style-type: none"> • DBO: 70 à 95% • MES: 80% à 90% • Faible réduction des pathogènes
Fréquence de vidange des boues	Tous les 1 à 3 ans
Vitesse du flux ascendant des eaux usées	Inférieure à 0,6 m/h dans chaque compartiment
Coûts d'investissement	Généralement, relativement faibles par rapport à des techniques plus sophistiquées (UASB ou boues activées par exemple)
Coûts d'exploitation	Coût de vidange et d'évacuation des boues vers un site approprié. Les coûts sont comparables au coût de vidange des fosses septiques
Durée de vie	Plus de 20 ans

Conception et construction

- Un Réacteur Anaérobie Compartimenté est constitué:
 - d'un premier compartiment (dans lequel aboutissent les eaux usées via un tuyau en té) qui permet la décantation des boues au fond et la formation d'une écume de graisses et d'huiles en surface; ce compartiment est équipé d'une ventilation qui élimine le biogaz formé par les bactéries anaérobies, ou de préférence d'une conduite de collecte du biogaz.
 - d'au moins 3 compartiments communiquant grâce aux chicanes, le dernier étant équipé d'un tuyau d'évacuation des effluents.
- Le dimensionnement du RAC repose sur le temps de rétention hydraulique et sur la vitesse d'ascension $v_a = Q/A$ exprimée en $m^3/(m^2 \cdot h)$ soit m/h où Q est le débit de pointe appliqué et A est la section des compartiments (tous les compartiments ont les mêmes dimensions).
- Pour augmenter le temps de rétention hydraulique sans augmenter la vitesse d'ascension, il est recommandé d'augmenter le nombre de compartiments plutôt que leur section. Les détails du dimensionnement du RAC sont donnés sur le site DEWATS (voir note dans la liste bibliographique).
- Il est possible de remplacer la double paroi des chicanes par une série de tuyaux qui conduiront les eaux débordant du compartiment précédent vers le fond.
- Les derniers compartiments peuvent être munis de supports bactériens (pierres poreuses, billes plastiques, graviers) pour augmenter le rendement d'épuration.

NB: Le nombre de chambres ou compartiments à flux ascendant doit être au moins de trois soit plus.



Figure 5: Mise en place des éléments préfabriqués en plastique de petite taille d'un RAC à Thüringen, Allemagne (source: AquaVerde, 2012).

Entretien et maintenance

- Il est recommandé d'avoir un(e) technicien (ne) pour la conduite des RAC des grandes installations.
- Les principales opérations d'exploitation sont la vérification du niveau des solides dans le réacteur et la vidange de boues de la fosse (une fois tous les 1 à 3 ans).
- Il faut s'assurer de l'étanchéité et du bon fonctionnement hydraulique de l'ouvrage et éviter de déverser des produits toxiques ou trop de désinfectants dans le RAC en raison de la sensibilité de sa flore bactérienne qui le peuple.

Aspects sanitaires et environnementaux

- Le RAC limite le contact avec l'effluent d'où son avantage sur le plan sanitaire même si sa capacité d'élimination des pathogènes reste limitée à 90 - 99 %
- L'effluent et les boues doivent donc être manipulés avec précaution.
- Pour empêcher le dégagement des gaz potentiellement nocifs, le réacteur devrait être muni de tubes de collecte du biogaz produit ou d'un conduit d'aération si le biogaz n'est pas collecté.



Figure 6: RAC (arrière plan) précédé d'un digesteur (premier plan) avant remblais au Lesotho (source: TED, 2011, Sustainable Sanitation Practice Journal Issue 9).

Acceptabilité

C'est une technique appropriée par la population compte tenu qu'il s'agit d'ouvrages enterrés sans nuisances olfactives.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Frais d'investissement sont modérés. Les frais d'exploitation faibles selon le mode de vidange et le nombre d'utilisateurs/trice. • Bonne résistance aux variations de flux (charges organiques et hydraulique) en entrée. • L'emprise au sol est limitée. • Aucune énergie électrique n'est habituellement pas nécessaire. • Réparation et construction sont possibles avec des matériaux locaux. • Les eaux grises peuvent être traitées en même temps que les excreta. Idem pour des eaux agro-industrielles. • Absence d'odeurs. Aucun problème réel avec les mouches ou les odeurs si il est utilisé correctement. • Réduction importante de la matière organique. Le RAC permet de réduire fortement les hautes charges organiques. • Le Biogaz peut être collecté et utilisé comme source d'énergie renouvelable.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Requiert une source permanente d'eau pour les toilettes avec siphon hydraulique connectées au réacteur. • L'effluent peut nécessiter un post-traitement en cas de réutilisation non restrictive. • Faible réduction des pathogènes. • Un traitement préliminaire de dégrillage est parfois nécessaire pour empêcher le colmatage. • La conception exige de l'expertise et la connaissance technique avancée. • Les boues nécessitent un traitement de stabilisation et/ou une mise en décharge appropriée. • Peut nécessiter un pompage si l'on veut un débit régulier et si les pentes sont faibles.

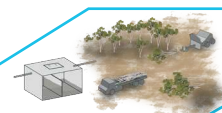
Exemples au Maroc

A notre connaissance, cette technique n'a pas encore été testée au Maroc. Le projet AGIRE a débuté en février 2015 la construction d'un RAC pour une habitation à Aït Idir (Sud-Est).

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)pS-Eau (2010). Guide 4: Choisir des solutions techniques adaptées pour l'assainissement liquide. http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?docu_document_id=2359&l=fr
- (3)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-8>
- (4)Grela, M. R. (2006). Manuel technique pour la conception, le dimensionnement, l'implantation, la construction et l'exploitation des systèmes d'épuration des eaux usées adaptés à des installations de petite capacité. Partie II Petite collectivités. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et Office National de l'Eau Potable (ONEP) de Maroc, Rome, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1650>
- (5)Xanthoulis, D. et al (2008). Les techniques d'épuration des eaux usées à faibles coûts. EU project on Development of Teaching and Training Modules for Higher Education on Low-Cost Wastewater Treatment, Contract VN/Asia-Link/012, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1725>
- (6)Information sur DEWATS de BORDA : <http://www.borda-net.org/dewats-service-packages/dewats-the-system.html>
- (7)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>





TRAITEMENT SUR SITE OU HORS-SITE

21 Plantation de biomasse

Informations générales

L'appellation « plantation de biomasse » ou « plantation de biomasse à courte rotation » désigne une culture intensive, destinée à un usage autre que l'alimentation humaine ou animale. La plus répandue de ces cultures est la production d'arbres ou d'arbustes à croissance rapide pour la production de bois destiné au chauffage ou aux centrales thermiques.

La biomasse produite peut être utilisée à d'autres fins comme la construction en roseaux, cannes, bambous ou à la fabrication de pâte à papier avec l'épicéa ou l'eucalyptus. Il peut exister, par ailleurs, des productions à haute valeur ajoutée comme la production de racines de vétivers, une plante tropicale, utilisée pour l'extraction d'essences, à des fins de parfumerie.

Dans cette fiche technique l'appellation « plantation de biomasse » désigne la pratique qui consiste à combiner le traitement des eaux usées avec une plantation de biomasse appelée « à courte rotation », car collectée régulièrement.

La technique de traitement des eaux usées en filtre planté peut être conduite comme une plantation de biomasse mais sans nécessairement assurer l'imperméabilisation du casier et sans l'utilisation de sable ou de gravier pour la filtration. Toutefois, la conduite en filtre planté nécessite de choisir, au lieu du roseau, une plante ligneuse à croissance rapide pouvant être valorisée pour la production d'énergie ou pour la construction.

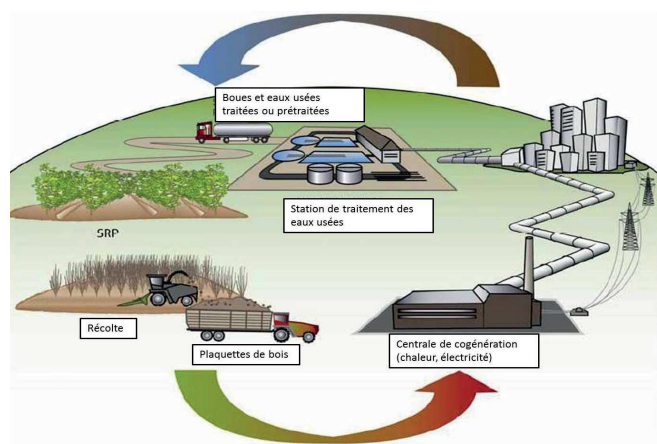


Figure 1: Schéma de principe montrant une des manières de combiner le traitement des eaux usées et la plantation de biomasse pour la production de bois destiné au chauffage ou aux centrales thermiques (source: BIOPROS, 2008).

Autres noms: Taillis à courte rotation, zone de biomasse

En anglais: Short rotation plantation, short rotation coppice (SRC), non-food and non-fodder agriculture, short-rotation woody crops, biomass or bioenergy plantation culture, energy forestry.

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	■
Protection de l'environnement	■
Facilité de mise en œuvre	■
Robustesse de la technique	■
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	■
Coûts et bénéfices	■
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	■

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.



Figure 2: A gauche: Conduite en PVC de distribution de l'eau traitée traversant une plantation de biomasse en Espagne (source: ttz, 2006). A droite: Opération de récolte dans une plantation de saules et peupliers à des fins énergétiques (source: European Biofuels Technology Platform).

Principes de base

L'application des eaux usées et des boues résiduelles à une plantation de biomasse offre l'opportunité d'un traitement des eaux usées à faible coût, d'une réutilisation saine des eaux usées et des boues résiduelles et d'une production efficace et rentable de biomasse.

Pour assurer la durabilité du procédé plantation de biomasse, les eaux usées doivent subir un traitement primaire. Dans certains cas où la nature du sol et la profondeur de la nappe le permettent, l'eau usée brute peut être utilisée directement si la réglementation le permet.

Dans le cas particulier d'un recours à l'irrigation localisée, un traitement secondaire pourrait s'avérer nécessaire pour éviter le colmatage des distributeurs par les matières en suspension et par le développement du biofilm. Dans ce cas, la technique plantation de biomasse devient plus une technique de valorisation et de traitement tertiaire à appliquer dans des sites sensibles.

La combinaison d'une plantation de biomasse avec le traitement des eaux usées permet d'éviter le recours à l'irrigation conventionnelle et à l'apport d'engrais minéraux du commerce.

L'apport des nutriments peut en partie être satisfait par l'application des eaux usées et des boues résiduelles.

L'application de l'approche de l'OMS de 2006 à la plantation de biomasse montre que la barrière traitement n'a pas beaucoup d'importance car les plantes ne sont consommées

ni par l'humain ni par les animaux. Elles sont, en outre, transformées avant utilisation (production de bois, de papier etc.).

La zone d'application des eaux usées et des boues doit, cependant, être protégée à l'aide d'une clôture pour interdire l'accès au public afin d'ajouter une barrière supplémentaire.

La plantation de biomasse utilisant des arbres à forte croissance comme le saule et le peuplier avec des coupes effectuées à intervalles courts (2 à 8 ans) repose sur un apport massif d'eau.

Le bois produit peut être utilisé comme source renouvelable de carburant propre destiné au chauffage et à la génération d'électricité.

Les roseaux, cannes ou bambous peuvent être utilisés en construction pour l'artisanat.

Les espèces sylvicoles recommandées pour une utilisation à des fins énergétiques doivent posséder la capacité de se régénérer après une coupe à partir des seules racines ou tiges. Elles doivent, en plus, avoir une croissance rapide et un rendement élevé en termes de matières sèches.

Conditions d'application

- L'intérêt d'une plantation de biomasse est encore plus grand pour les pays en développement situés dans les zones arides où l'eau est rare et les moyens consacrés au traitement des eaux usées et des boues résiduelles sont insuffisants voire non disponibles.
- La technique plantation de biomasse peut être appliquée si le terrain agricole est disponible à proximité de la zone de production et de collecte des eaux usées. L'éloignement du site constitue une contrainte technique et économique.
- Le sol du site retenu pour la plantation de biomasse doit être fertile pour renforcer la croissance rapide des espèces d'arbres choisies.
- La technique plantation de biomasse ne doit pas entrer en concurrence pour l'occupation des sols avec la production agricole destinée à l'alimentation humaine ou animale.

Options possibles de valorisation

Il s'agit précisément d'une méthode de valorisation.

Chiffres clés

Dimensionnement/ Conception	La quantité d'eau usée ou de boue à appliquer dépend du type de sol, de l'arbre ou d'arbuste choisi et du climat.
Coûts d'investissement	Selon le coût du terrain, le prétraitement et le traitement primaire (si nécessaire), ainsi que le système d'irrigation retenu.
Coûts d'exploitation	Variables, mais généralement faibles sauf en cas de pompage. Le coût d'exploitation peut être couvert par une partie du revenu généré par la plantation.
Durée de vie	> 20 ans

Conception et construction

- Les substrats applicables à une plantation de biomasse sont:
 - Les eaux usées domestiques contenant des concentrations de nutriments proches de celles pouvant satisfaire les besoins des plantes utilisées.
 - Les boues résiduelles provenant de la décantation des eaux usées brutes ou provenant d'un traitement secondaire des eaux usées (boues activées).
 - Les eaux usées des industries agroalimentaires.
 - L'urine et fèces déshydratées collectées séparément.
- Il est important de prendre en considération les besoins de la plante utilisée. Par exemple, le saule et le peuplier ont des besoins peu élevés. Par contre, le bambou et la canne ont des besoins plus élevés en nutriments.
- Les doses d'irrigation doivent être respectées pour éviter les apports excessifs de nutriments. Il est recommandé par ailleurs de doser régulièrement les concentrations des nitrates dans le sol et dans l'eau des canaux de drainage.
- Pour réaliser une plantation de biomasse saine et profitable, une attention particulière doit être portée aux facteurs suivants:
 - Etablir un accord avec l'Agence du bassin hydraulique et les autorités locales (autorisations,...)
 - Vérifier si le site est approprié.
 - Vérifier si le système de traitement retenu peut convenablement traiter les eaux usées produites.
 - Respecter les charges de pollution et de nutriments à appliquer pour préserver l'environnement.
 - Choisir un système d'irrigation approprié. Celui-ci doit permettre de minimiser le risque hygiénique, d'assurer une bonne uniformité d'arrosage et de ne pas arroser au-delà des limites de la parcelle de la plantation de biomasse pour éviter la dispersion des eaux usées et l'augmentation du risque sanitaire.
 - Assurer un suivi régulier de l'installation, de ses ouvrages et des performances de croissance de la biomasse ainsi que la surveillance de la qualité de l'eau infiltrée.

Entretien et maintenance

- Compte tenu du niveau de technicité exigé, il est recommandé de confier la gestion sylvicole à une institution spécialisée ou une Entreprise privée.

Conduite du système d'irrigation:

- Après un délai d'environ un an, les plantes peuvent être irriguées avec des eaux usées toute l'année à condition que les hivers soient relativement doux et que le sol ne gèle pas. Les applications des eaux usées immédiatement après la mise en place de la plantation de biomasse conduisent à un système racinaire, paresseux et peu développé. Pour favoriser le développement du système racinaire pendant la première année, il est recommandé de recourir à l'eau conventionnelle, qui est beaucoup moins riche en nutriments. Un système racinaire bien développé favorise la croissance des arbres et renforce leur résistance aux intempéries climatiques (vents forts).

- La possibilité d'une interruption momentanée de l'irrigation avec les eaux usées doit être anticipée par la mise en place d'un système de secours type bassin de stockage, système de traitement simple ou un module de plantation de biomasse dédié à cette action. L'irrigation doit être quotidienne ou permanente après la première année de démarrage de la plantation. Elle doit être arrêtée pendant les épisodes pluvieux pour éviter une infiltration ou un entraînement excessif des nutriments par le ruissellement. Un bassin de stockage des eaux usées s'avère indispensable dans de pareilles conditions.
- Pour éviter la stagnation et la surcharge et assurer une bonne uniformité d'arrosage, le système doit permettre de changer de zone d'arrosage. Ce changement peut être contrôlé manuellement selon la disponibilité des moyens humains et selon le coût de la main d'œuvre si non, il faut examiner la possibilité d'une gestion automatisée du système.

Récolte:

- La récolte est une opération importante dans l'exploitation de la plantation de biomasse. Plusieurs techniques de récolte ont été développées. Elles sont principalement dictées par le modèle de culture adopté (espèce retenue, densité de plantation), par la latitude du projet (positionnement géographique) et par le devenir final de la récolte (boiserie, granules de bois, pâte à papier).
- L'intervalle entre deux coupes consécutives dépend de la latitude du site du projet. Ainsi on peut noter des différences importantes: 3 à 5 ans pour une plantation de biomasse de saule dans le nord de l'Europe contre 1 à 5 ans pour une plantation similaire de peuplier dans les pays du centre et au sud de l'Europe.
- Pour la plupart des sylviculteurs/(euses), qui possèdent des parcelles de petite taille, l'investissement dans les équipements appropriés pour la plantation et la récolte n'est pas justifié. Ils (elles) doivent recourir à des entreprises spécialisées pour assurer ces deux opérations.

Aspect économique:

- L'avantage économique le plus important à tirer de l'option pour une plantation de biomasse à l'échelle d'une commune est celui de prendre en charge une partie des eaux usées et des boues. C'est en fait moins d'eaux usées et de boues à traiter par le système conventionnel dont le prix de revient est bien supérieur à celui d'une plantation de biomasse.
- Le revenu pouvant être généré à partir d'une plantation de biomasse, peut revêtir plusieurs formes: i) la vente des plaquettes de bois (brogats) et de granules de bois sur le marché local ou par contrat à long terme avec les producteurs/(trices) locaux(ales) d'énergie; ii) l'utilisation des granules dans des chaudières privées ou des unités de cogénération (avec la vente éventuelle d'électricité et d'eau chaude pour le chauffage central) et iii) pouvoir, par-dessus tout, être rétribué pour les volumes d'eaux usées et de boues pris en charge par la plantation de biomasse.

Aspects sanitaires et environnementaux

- Selon le type de sol et la profondeur des eaux souterraines, la plantation de biomasse pourrait s'accompagner d'un risque de pollution qu'il faut gérer. Ce risque concerne la contamination des eaux souterraines par les pathogènes, les nitrates et les substances toxiques éventuelles des eaux usées industrielles.
- L'impact sanitaire négatif de cette pratique demeure et se limite au contact des sylviculteur/(trices) et ses ouvriers/(ères) avec les germes (qui peuvent être protégés efficacement). Le risque reste aussi contenu géographiquement dans la seule zone de la plantation de biomasse.
- L'augmentation de la salinité du sol au niveau de la plantation de biomasse peut avoir lieu étant donné les grandes volumes d'eau appliqués. Cet aspect doit être pris en compte au moment du dimensionnement et de la conduite de la plantation de biomasse notamment par l'application à intervalles réguliers de bâchées de lessivage des sels. Le choix d'espèces relativement tolérantes à la salinité est également recommandé particulièrement dans les régions arides et semi-arides.
- Des normes de qualité sont requises pour la réutilisation des eaux usées. Elles font l'objet d'arrêtés gubernatoriaux, qu'il s'agit de respecter. En l'absence de réglementation spécifique, les bonnes pratiques doivent être prises en compte pour l'ensemble des activités relatives à l'établissement et la conduite d'une plantation de biomasse (norme nationale de 2002).



Figure 3: A gauche: plantation de biomasse hybride coton-essences à bois aux Etats Unis (source: Sustainable Forestry); à droite: plantation de biomasse à base de saules au Royaume Uni (source: Biomass Energy Centre).

Acceptabilité

La plantation de biomasse est bien acceptée par les sylviculteurs/trices et le public hommes et femmes parce que le produit n'est consommé ni par l'humain ni par les animaux. La plupart des plantations de biomasse produisent du bois à des fins énergétiques ce qui limite la survie des pathogènes et leur propagation.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Permet de réduire le coût global du traitement des eaux usées dans une localité donnée en déviant une partie de ces eaux, voire la totalité vers les plantations de biomasse. • Permet la production d'une biomasse renouvelable destinée au chauffage et à la production de l'énergie ce qui se traduit par un revenu pour les sylviculteurs/trices, ou la production de produits rentables (p. ex. bambous, vétivers). • Supporte l'économie locale en créant une chaîne de producteurs/trices, de commerçant(E)s et de consommateurs/trices locaux/les. • Augmente la matière organique des sols (généralement faible au Maroc) ainsi que le contenu en nutriments d'où une augmentation de la fertilité des sols utilisés. • Permet de substituer l'eau usée et les fertilisants qu'elle contient à l'eau conventionnelle et aux engrais minéraux du commerce ce qui se traduit par un gain économique non négligeable.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite de grandes superficies. • Nécessite un encadrement par des expert (e)s en eau usée et en sylviculture si les plantations sont de grandes tailles. • Difficulté de respecter les réglementations environnementales nationales en absence d'une réglementation adaptée à cette technique. • Risque d'une contamination des eaux souterraines et du sol en absence d'une gestion adaptée à l'eau usée et aux conditions spécifiques du site (sol et climat notamment).

(5)WHO (2006). WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater - Volume IV: Excreta and greywater use in agriculture. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1004>

(6)Site web de „KUP Netzwerk“ en Allemagne: <http://www.kup-netzwerk.info/de/start.html>

(7)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>

Exemples au Maroc

Au Maroc, des eaux usées traitées sont quelques fois utilisées pour irriguer des oliviers ou autres arbres fruitiers.

Pour promouvoir cette pratique dans le rural marocain, le projet GIZ/AGIRE prévoit réaliser plusieurs zones de biomasse (Toubkal; Aït Idir, ...) pour valoriser des eaux grises après filtration sur graviers ou des eaux traitées par filtres plantés. Ces zones seront équipées de tuyaux souterrains percés placés dans des tranchées de graviers et dans le sol.

- L'exemple le plus vraisemblable est situé en Espagne. Il a été réalisé dans le cadre du projet de recherche BIOPROS à Santa Fe, Municipalité de Grenade, au printemps 2005. Le propriétaire du terrain est un sylviculteur expérimenté dans la production de peuplier avec les eaux conventionnelles et les engrais minéraux du commerce.

NB: Plusieurs plantations de biomasse basées sur la fertilisation avec les eaux usées ou les boues résiduelles existent en Europe.

Bibliographie

(1)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/reuse-and-recharge/hardware/recharge-and-disposal/short-rotation-plant>

(2)BIOPROS (2008). Short Rotation Plantations: Guidelines for efficient biomass production with the safe application of wastewater and sewage sludge. Developed with funding from the European Commission BIOPROS research project, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1790>

(3)Matovic, M. (2013) Biomass Now - Sustainable Growth and Use. Edited by Miodrag Darko Matovic, ISBN 978-953-51-1105-4, Hard cover, 540 pages, Publisher: InTech, <http://www.intechopen.com/books/biomass-now-sustainable-growth-and-use>

(4)SEEE (2007). Normes de Qualité - Eaux destinées à l'irrigation. Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (MEMEE), chargé de l'Eau et de l'Environnement, Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1836>

TRAITEMENT HORS-SITE

22 lit de séchage des boues

Informations générales

En général, le traitement biologique d'une eau usée aboutit à deux flux distincts: la boue et l'eau traitée. La boue résultant d'un traitement primaire ou secondaire peut être totalement, moyennement ou pas du tout stabilisée. Les deux derniers cas nécessitent un traitement de stabilisation de la boue avant le séchage.

Le lit de séchage permet la déshydratation de la boue afin de faciliter son transport, son co-compostage ou son utilisation directe comme amendement du sol. Il s'agit d'un ouvrage qui s'apparente à un filtre à sable traditionnel consistant en une surface déblayée, imperméabilisée et délimitée à l'aide de briques ou de voiles en béton. Le volume dégagé est rempli de plusieurs couches superposées de gravier et de sable. Un drain principal est placé longitudinalement au centre, pour évacuer le lixiviat. Une pente est aménagée pour faciliter l'écoulement vers le drain.

Autres noms: Lit de séchage solaire, lit de séchage non planté, filtre.

En anglais: Unplanted drying bed, filter, sludge drying bed.

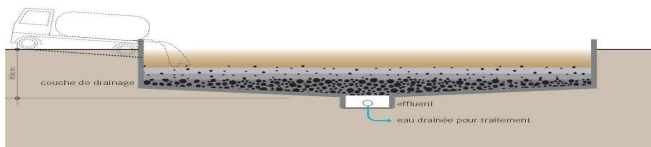


Figure 1: une coupe transversale d'un lit de séchage de boues (source: Tilley et al., 2008).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
protection santé	<div style="width: 10%; background-color: red;"></div>
Protection de l'environnement	<div style="width: 20%; background-color: yellow;"></div>
Facilité de mise en œuvre	<div style="width: 80%; background-color: green;"></div>
Robustesse de la technique	<div style="width: 80%; background-color: green;"></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div style="width: 80%; background-color: green;"></div>
Coûts et bénéfices	<div style="width: 80%; background-color: green;"></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div style="width: 80%; background-color: green;"></div>

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.

Principes de base

Des drains constitués de conduites perforées sont placés au fond du lit pour drainer le lixiviat. Ces drains sont recouverts d'une couche de gravier puis d'une couche de sable fin qui facilitent la percolation de l'eau et son évacuation par les drains.

Quelques jours après son application sur le lit, la percolation s'arrête et la boue se transforme en un cake épais. Le séchage de la boue se poursuit mais uniquement par évaporation. Plus les conditions météorologiques sont ensoleillées plus le séchage est rapide.

La siccité est le paramètre qui mesure le taux de séchage de la boue et correspond au pourcentage de sa matière sèche en poids. Ainsi, une boue liquide a une siccité qui varie entre 0% et 10% et une boue pâteuse entre 12% et 25%. Une siccité supérieure à 85% définit une boue sèche.

Avec la perte d'eau par percolation, la boue devient une pâte. A 25% de siccité, elle perd ses caractéristiques de fluide et devient un cake semi-solide et à 60% la boue forme des granules qui s'effritent. La durée que prennent ces transformations dépend de l'intensité du rayonnement solaire.

Une plaque en béton de 0,5 à 1 m de côté est placée sous l'arrivée de la conduite ou du tuyau de la citerne de vidange pour briser l'énergie de la boue déversée et empêcher la rupture de la couche de sable de surface.

Quand la boue atteint le degré de siccité désiré on procède au grattage de la surface du filtre. La boue prélevée contient un peu de sable collée ce qui conduit à un épuisement continu de la couche de sable de surface et à la nécessité de son renouvellement au bout d'un certain temps.

L'effluent collecté dans les tuyaux de drainage doit être renvoyé vers l'unité de traitement ou évacué hygiénique.

La technique du lit de séchage ne constitue pas une méthode de stabilisation de la fraction organique. Une boue séchée non stabilisée reprend une partie de son activité une fois humidifiée et peut produire des émanations de mauvaises odeurs.

Conditions d'application

- Le lit de séchage de boues est une technique appropriée pour les petites et moyennes agglomérations jusqu'à 100.000 habitants et où le terrain est bon marché et situé à des endroits éloignés des habitations.
- Le lit de séchage est plus adapté en milieu rural et périurbain. S'il est conçu pour le milieu urbain, il doit être installé à la périphérie de la zone d'habitation.
- Idéalement, cette technique doit être complétée en aval par un traitement par co-compostage pour produire un fertilisant hygiénisé.
- Le lit de séchage est une option peu coûteuse qui peut être adaptée dans la plupart des climats chauds ou tempérés. Mais, des pluies excessives peuvent empêcher les boues de décanter et de s'épaissir correctement.



Figure 2: Lits de séchage dans le « Centre d'écologie et de gestion des déchets » à Bayawan, Philippines (source: J. Boorsma, 2009).

Options possibles de valorisation

- La boue provenant des lits de séchage peut être utilisée comme amendement pour le sol ou comme fertilisant. Cependant, des précautions doivent être prises et les valeurs guides scrupuleusement respectées en cas de réutilisation pour protéger les agriculteurs/trices en raison des concentrations élevées en pathogènes. Une comparaison des concentrations en éléments traces métalliques aux seuils en vigueur est nécessaire.
- Le lixiviat est riche en azote et en pathogènes mais exige un traitement secondaire avant le rejet ou valorisation. Sa valeur fertilisante est inférieure à celle de la boue sèche - le gain fertilisant attendu peut être largement compromis par le risque sanitaire.

Chiffres clés

Charge de boue appliquée	Les boues doivent être déversées approximativement à 10 kgMES/m ² (MES: matières en suspension) à une faible hauteur (maximum 20 cm).
Fréquence d'évacuation des boues séchées	Les boues séchées doivent être enlevées tous les 10 à 15 jours.
Taux de siccité final	Approximativement de 40% après 10 à 15 jours de séchage.
Couche supérieure de sable	25 à 30 cm
Coûts d'investissement	Variable selon le prix des matériaux (sable et gravier). Les coûts d'investissement ne dépassent pas les 5% du coût total d'investissement d'une STEP de type lagunage ^a .
Coûts d'exploitation	Ils dépendent essentiellement de la main d'œuvre
Durée de vie	25 à 50 ans

^a Source: Chalabi (2014)

Conception et construction

- Les boues doivent être déversées approximativement à 10 kgMES/m² (MES: matières en suspension) à une faible hauteur (maximum 20 cm), sinon elles ne sécheront pas efficacement.
- La mise en place des couches de gravier et de sable se fait en respectant la disposition suivante de la surface vers le fond: sable fin (30 cm); sable grossier (10-15 cm), gravier fin (70 cm) et gravier grossier (25 cm) qui couvre le réseau de drains. Une hauteur entre 20 et 30 cm est réservée comme revanche pour permettre le déversement

des boues. Le corps de la station de traitement peut être réalisé en terre compactée munie d'une géomembrane ou en béton afin d'assurer l'étanchéité du dispositif.

- Plusieurs lits de séchage sont généralement nécessaires pour assurer un traitement en continu des boues de vidange.
- Pour concevoir les lits de séchage, il est nécessaire de connaître la quantité des MES évacuée par le système de traitement, le volume évacué, la fréquence d'extraction des boues, la charge applicable en kg de MES par m² et la durée de séchage.
- Les épisodes pluvieux, prolongent la durée de séchage. Le dimensionnement est fait donc sur la base de la durée de séchage en saison pluvieuse. Les lits peuvent être placés sous toitures.
- La vitesse de dessiccation obtenue dépend de la qualité de la boue, de la fréquence de prélèvement de la boue (quotidienne), de la profondeur de la couche de boue et de la charge appliquée.
- Il est préférable de ne pas déposer des boues fraîches sur des boues en dernière étape de séchage. L'on tendrait donc à construire plusieurs filtres en parallèle.

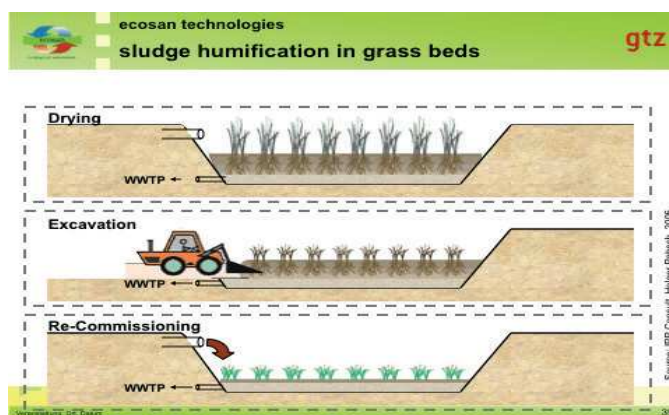


Figure 3: Schéma de l'humification des boues dans un lit des herbes (source: H. Pabsch, IPP Consult, 2005).

- Les lits de séchage peuvent être plantés. Il s'agit de tirer avantage de l'action physique des racines qui créent des voies de percolation à travers les boues épaissies ce qui accélère l'infiltration. Cependant, au Maroc, l'association percolation-rayonnement solaire est largement suffisante pour assurer un séchage dans des durées acceptables. L'apport additionnel espéré de l'effet « évapotranspiration » à travers la plantation du lit de séchage ne peut pas compenser le travail supplémentaire rendu nécessaire tant pour dégager la boue séchée entre les tiges des roseaux que pour entretenir les roseaux eux-mêmes.
- Dans le cas de boues très liquides (des toilettes publiques non connectées à un réseau d'assainissement par exemple), un bassin de décantation et d'épaississement doit être installé en amont du lit de séchage:
 - Les bassins de sédimentation et d'épaississement sont des bassins de décantation simples qui permettent aux boues de s'épaissir et se déshydrater.
 - Pour une efficacité maximale, la période de repos ne doit pas excéder 4 à 5 semaines, bien que des cycles beaucoup plus longs sont couramment utilisés.

- Pendant que la boue est décantée et épaissie, le surnageant doit être évacué et traité séparément. La boue épaissie peut alors être séchée ou compostée.



Figure 4: Schéma du bassin de sédimentation et d'épaississement (source: Tilley et al., 2008).



Figure 5: Lit de séchage pour des boues fécales dans une station d'épuration à Camberene, Sénégal (source: L. Strande, 2010).

Entretien et maintenance

- Les lits de séchage doivent être conçus avec la présence à l'esprit des contraintes d'entretien notamment, l'accessibilité pour les hommes, les femmes et les véhicules au site pour déverser les boues, et pour évacuer la boue séchée.
- Les principales opérations d'exploitation sont:
 - Répartition des boues fraîches tous les 10 jours en moyenne (7 à 14 jours).
 - Après séchage, le filtre doit être nettoyé dès les premiers signes de saturation, c'est-à-dire lorsque le débit de l'eau extraite des boues diminue considérablement par rapport à celui de la mise en service du filtre.
 - Des contrôles de qualité (lixiviats, boues) doivent être réalisés tous les trois mois.
 - L'état des drains doit être vérifié pour assurer la collecte des eaux extraites des boues.
 - Le sable doit être remplacé quand la couche devient trop mince.
- Le nombre de personnes hommes ou femmes à charger de l'entretien et de la maintenance d'une unité de lits de séchage dépend de la taille de l'unité et des moyens financiers de la communauté desservie. Ce système est relativement peu complexe à maintenir et à entretenir.



Aspects sanitaires et environnementaux

- Les boues brutes comportent des pathogènes, d'où la nécessité de munir les ouvriers/ères des équipements de protection appropriés (bottes, gants, et habits).
- Les boues déshydratées sont également contaminées, bien qu'elles soient plus faciles à manipuler et moins enclines à l'éclaboussure et à la pulvérisation.

Acceptabilité

- Selon le type de traitement secondaire et le degré de stabilisation de la boue, le lit de séchage peut causer des nuisances pour les résidents/tes du voisinage dues à l'émission de mauvaises odeurs et à la présence de mouches.
- Quand il s'agit de boues non stabilisées, il est recommandé que le lit soit situé suffisamment loin des zones d'habitation.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Création potentielle d'emplois et de revenus locaux • Construction et réparation sont possibles avec des matériaux locaux. • Aucune énergie électrique n'est nécessaire. • Coûts d'investissement modérés ; faibles coûts d'exploitation. • Réutilisation de la boue sèche possible mais, il faut prendre des précautions car le contenu en pathogènes est important.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • L'emprise au sol est importante. • Main d'œuvre requise pour l'enlèvement des boues séchées. • Le temps de séjour des boues peut être long (quelques mois) si les conditions climatiques sont peu favorables (forte pluviométrie et faible ensoleillement). • Odeurs et prolifération de mouches si la boue n'est pas stabilisée en traitement secondaire. • Le lixiviat exige un traitement secondaire avant le rejet ou valorisation (sa valeur fertilisante est inférieure à celle de la boue sèche et n'est pas habituellement utilisé comme fertilisant). • Les boues séchées ont une charge importante en pathogènes ; des précautions doivent être prises et les valeurs guides scrupuleusement respectées en cas de réutilisation.

Exemples au Maroc

Toutes les grandes stations (particulièrement le lagunage naturel) du Maroc sont dotées de lits de séchage des boues. Les difficultés de curer les bassins de lagunage rendent par contre ces lits non encore opérationnels

Des lits de séchage de boue ont été testés à l'échelle pilote dans le campus de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV) à Rabat (1997), à Ouarzazate (1992) et puis à d'El Attaouia (2003).

Dans les conditions à l'IAV à Rabat, l'évolution du taux de siccité des boues obtenu était de 1% à l'extraction des boues; 8% après 3 jours et 90% au bout de 5 jours pendant le mois de juin avec une température moyenne de 25°C. Une siccité inférieure est obtenue en saison peu ensoleillée.

L'expérience de l'IAV a été utilisée pour le dimensionnement des lits de séchage de boues de la station d'El Attaouia pour servir un RAFADE traitant 450 m³/j. Les boues séchées étaient régulièrement prélevées par les agriculteurs pour les utiliser

comme amendement/fertilisant. L'intérêt des agriculteurs pour la boue séchée était indéniable.



Figure 7: Batterie de 11 lits de séchage en construction pour l'extension de la station d'El Attaouia en 2012 (source: B. El-Hamouri, 2006 et 2012).



Figure 8: Lits de séchage pour les boues de deux digesteurs anaérobies à la station d'épuration de Skhirat située à 30 km au sud de Rabat (source: B. El-Hamouri, 2006 et 2008).

Bibliographie

- (1)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/reuse-and-recharge/hardware/recharge-and-disposal/short-rotation-plant>
- (2)BIOPROS (2008). Short Rotation Plantations: Guidelines for efficient biomass production with the safe application of wastewater and sewage sludge. Developed with funding from the European Commission BIOPROS research project, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1790>
- (3)Matovic, M. (2013) Biomass Now - Sustainable Growth and Use, Edited by Miodrag Darko Matovic, ISBN 978-953-51-1105-4, Hard cover, 540 pages, Publisher: InTech, <http://www.intechopen.com/books/biomass-now-sustainable-growth-and-use>
- (4)SEEE (2007). Normes de Qualité - Eaux destinées à l'irrigation. Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (MEMEE), chargé de l'Eau et de l'Environnement, Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1836>
- (5)WHO (2006). WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater - Volume IV: Excreta and greywater use in agriculture. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1004>
- (6)Site web de „KUP Netzwerk“ en Allemagne: <http://www.kup-netzwerk.info/de/start.html>
- (7)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>



COLLECTE ET TRAITEMENT SUR SITE

23 (Co-) Compostage

Informations générales

Le compostage est la dégradation aérobie contrôlée des matières organiques d'origine différentes (déchets solides organiques, boues de vidange). Les boues de vidange ont un taux d'humidité élevé. Pour cela, il est nécessaire leur séchage partiel préalable ou leur mélange à des proportions adéquates avec d'autres déchets solides et/ou avec des agents structurants à faible taux d'humidité. Ceci permet d'assurer une aération convenable du tas. Les boues sont aussi relativement trop riches en azote; c'est pour cela qu'il est nécessaire de les mélanger avec des déchets organiques plus riches en carbone pour rétablir un rapport C/N (carbone sur azote) supérieur à 25.

Le compostage requiert de l'oxygène (et donc une aération) pour la biodégradation (oxydation) de la matière organique. Un dégagement de CO₂ et de la chaleur résulte de cette biodégradation suite à la lyse des liaisons carbonées. C'est grâce à cette chaleur, et particulièrement pendant la phase thermophile qu'on assiste à une élimination des pathogènes (phase d'assainissement).

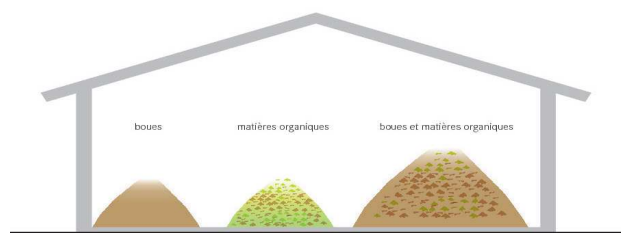


Figure 1: Schéma du compostage (source: Tilley et al., 2008).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div></div>
Protection de l'environnement	<div></div>
Facilité de mise en œuvre	<div></div>
Robustesse de la technique	<div></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div></div>
Coûts et bénéfices	<div></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div></div>

: Point fort de l'équipement. : moyen. : faible.

Principes de base

Il existe plusieurs techniques de compostage à niveaux technologiques différents. Globalement, toutes ces techniques relèvent de l'un des deux types de compostage à savoir: compostage ouvert ou compostage fermé.

- Dans le compostage ouvert, le mélange des matières

à composter (boues et déchets solides) est disposé en longs tas (la longueur dépend de la quantité) appelés des andains et laissés pour décomposition. Les andains sont retournés périodiquement pour fournir de l'oxygène et pour s'assurer que toutes les parties du tas sont soumises au même traitement thermique. Les andains devraient être hauts d'au moins 1 m et larges de 2 m.

- Selon le climat et l'espace disponible, le site de traitement doit être couvert pour empêcher l'évaporation et la dilution par les eaux de pluie excessives qui favoriseraient la création des conditions d'anaérobiose une fois l'espace lacunaire du tas est saturé en eau. Cela provoquerait l'émanation des mauvaises odeurs. Lorsque la quantité du matériau à composer est faible, un tas de forme quelconque, avec une hauteur minimale de 1 m est aussi convenable. Un retournement périodique est nécessaire.
- Le compostage fermé nécessite un contrôle de l'humidité et une source d'air ainsi qu'un mélangeur mécanique. Par conséquent, il n'est généralement pas approprié pour les traitements décentralisés

Bien que le processus de compostage semble être une technique simple et passive, un minimum de contrôle et de suivi est nécessaire: il faut i) éviter un dessèchement, ii) éviter un excès d'eau, iii) retourner périodiquement le tas, et iv) s'assurer que le tas passe par une période thermophile (50-60°C) d'au moins 3 à 5 jours en se servant d'un thermomètre. C'est ce passage par cette phase qui permet de détruire les pathogènes.

Conditions d'application

- L'option de compostage est seulement appropriée lorsqu'il y a une source disponible de déchets solides biodégradables bien triés ou d'autres déchets agricoles à proximité. Seule la fraction organique fermentescible est transformée par les micro-organismes qui se développent spontanément. Les fractions ligneuses (branchages) peuvent être ajoutées au compost et seront transformées grâce aux champignons qui s'y développent naturellement.
- Selon les conditions climatiques (précipitations, température et vent), le compostage peut être adapté aux conditions. Même si l'humidité joue un rôle important dans le processus de compostage, la protection des installations contre les eaux de pluie excessive est recommandée.

Options possibles de valorisation

- Le compostage peut produire un compost hygiénique, et bénéfique en tant qu'excellent produit d'amendement des sols surtout là où les sols sont pauvres en matière organique comme c'est le cas du rural marocain.

- Ainsi, le compost améliore les propriétés physiques du sol (capacité de rétention d'eau, stabilité de la structure, etc.) et fournit des éléments nutritifs aux plantes cultivées au cours du processus de minéralisation.



Figure 2: Compost fini après le compostage au niveau d'un ménage (sources: W. Berger, 2004; E. von Muench, 2013).

Chiffres clés	
Dimensionnement	Les andains devraient être hauts d'au moins 1 m et larges de plus de 2 m.
Ratio: matières fécales ou boues de vidange par rapport aux autres déchets organiques ménagers ou verts	<ul style="list-style-type: none"> • Ratio de 1:2 à 1:3 de boues séchées/déchets solides. • Ratio de 1:5 à 1:10 de boues liquides/déchets solides.
Coûts d'investissement	<ul style="list-style-type: none"> • Le coût d'investissement est faible et diminue avec le tonnage à composter. • D'après une analyse de 4 unités au Maroc et 1 unité en France: 500 à 1000 MAD/tonne (45 à 91 Euros/tonne) pour les grandes unités mécanisées (tri manuel, andaineuse retourneuse, petit matériel, etc.); 2000 à 2500 MAD/tonne (182 à 227 Euros/tonne) pour les petites unités*.
Coûts d'exploitation	Au Maroc, le coût d'exploitation varie entre 100 et 200 MAD/tonne (9 à 18 Euros/tonne).
Durée de vie	25 à 50 ans

a Source: Soudi et Chrifi (2007)

- Conception et construction
- Le rapport C/N (carbone sur azote) du mélange des boues avec d'autres déchets organiques devra être situé entre 25 et 35; le taux d'humidité devra être autour de 50 ou 55%.
 - Le mélange des boues avec d'autres déchets permettent d'optimiser le processus de compostage et le produit final. On parle dans ce cas du co-compostage. Le compost obtenu est hygiénique car le processus de compostage passe par une phase thermophile qui détruit les agents pathogènes.



Figure 3: Chambre de compostage associée à la toilette à compost pour un ménage en France (source: E. Le Douarin, 2010).

- Les boues déshydratées devraient être utilisées dans un rapport de 1:2 à 1:3 (c.-à-d. 1 part de boues déshydratées et 2 à 3 parts de déchets solides sont mélangés).
- Les boues liquides devraient être utilisées dans un rapport de 1:5 à 1:10 (c.-à-d. 1 part de boues liquides et 5 à 10 parts de déchets solides sont mélangés).
- Une plateforme de compostage collective (communale par exemple) se constitue de:
 - un système de tamisage des ordures ménagères et/ou de broyage des végétaux,
 - un espace pour le mélange des boues de vidange avec de la chaux,
 - un espace pour retourner les boues pendant le processus de compostage,
 - un système de récupération des eaux s'écoulant des tas de compost ou des andains.
- Les principaux critères de conception sont
 - la durée de compostage (en moyenne 8 à 10 semaines)
 - la composition des boues et des autres déchets pour optimiser le mélange de manière à avoir un rapport de C/N autour de 30 et une humidité de l'ordre de 50%.
- La station de traitement doit être, de préférence, située non loin des sources de matières organiques et des boues de vidange (pour réduire le transport au minimum); mais assez loin des habitations pour réduire les risques sur la santé.
- Pour les ménages disposant de systèmes d'assainissement et de matières organiques, il est possible et recommandable de co-composter les produits d'assainissement (digestats, boues, fèces sèches, urines, déchets verts, pailles, ...) en petits andains, boxes ou petites fosses.



Figure 4: Abri pour tas de compostage en milieu rural en période pluvieuse - Tétouan, Maroc (source: B. Soudi, 2011).



Figure 5: Tas de compostage en milieu rural en période pluvieuse - Tétouan, Maroc (source: B. Soudi, 2011).

Entretien et maintenance

- Un personnel femme ou homme bien initié(e) est nécessaire pour l'exploitation et l'entretien de l'unité collective de compostage.
- Le mélange doit être périodiquement retourné. Le mélange manuel doit être fait périodiquement avec une chargeuse ou à la main. Les systèmes d'aération forcée doivent être soigneusement commandés et surveillés.
- Les principales opérations d'exploitation sont nécessaires uniquement pendant la première campagne de compostage par le suivi de la température et de l'humidité des tas de compost, le malaxage des tas de compost (une fois par mois), les mesures chimiques et microbiologiques.
- Si les équipements existent, il serait utile de surveiller la neutralisation des œufs d'helminthes comme indicateur de stérilisation.
- Le personnel homme ou femme nécessaire en charge de l'exploitation du site varie selon le tonnage.
- Equipement nécessaire pour l'entretien: des pelles, fourches ou un tractopelle (selon le tonnage) qui doivent permettre de manier les tas de compost sur le site; et un thermomètre pour suivre la température.



Figure 6: Exemple de système modulaire individuel de compostage en containers ou mini-chambres. Les containers sont remplis un après l'autre (source: W. Berger, 2004).

Aspects sanitaires et environnementaux

- Il est possible de travailler avec le compost et de le manipuler sans danger pour la santé. C'est un bon moyen pour réduire la charge en microbes pathogènes des boues.
- Même si le produit fini peut être manipulé avec un minimum de risque, des précautions devraient être prises pendant la manipulation des boues de vidange avant leur compostage.
- Les ouvriers/ères doivent porter des vêtements de protection et des masques si le matériau s'avère poussiéreux.

Acceptabilité

- Le compostage et l'utilisation du compost sont généralement des pratiques acceptables car le compost s'apparente à des produits d'amendements organiques conventionnels de par leur couleur de terre et leur odeur d'humus.
- En général, les client(e)s sont prêt(e)s à payer pour le compost même si cela peut dépendre du type de déchets organiques utilisés comme matières (intrants) et de la qualité du compost.

Avantages et inconvénients

Avantages	
	<ul style="list-style-type: none"> • Facile à installer et à maintenir avec une formation courte et appropriée qui n'a pas besoin d'un niveau d'instruction élevé. • Possibilité d'abattement élevé des œufs d'helminthes grâce au passage du processus de compostage par la phase thermophile. • Peut être construit et réparé avec des matériaux locaux. • Création potentielle d'emplois et de revenus locaux notamment chez les jeunes filles et garçons. • Construction de la plateforme de compostage et sa réparation sont possibles localement. • Les coûts d'investissements et d'exploitation sont faibles. • Aucune énergie électrique n'est nécessaire. • Fournit une ressource de valeur qui peut améliorer la production agricole locale et la sécurité alimentaire; production d'éléments nutritifs utilisables comme engrais. • Les matières ligneuses (bois,...) peuvent être transformées en humus et donc en amendement des sols.
Inconvénients	
	<ul style="list-style-type: none"> • Durée de compostage relativement longue. • Exige un espace dédié et isolé. • Un suivi régulier du système est nécessaire. • Odeurs et présence de mouches si le processus n'est pas contrôlé correctement. • Main d'œuvre nécessaire pour une bonne gestion. • Pertes pouvant être élevées en carbone et azote par lessivage et émissions.

Exemples au Maroc

Les expériences de compostage au Maroc ont essentiellement concerné la fraction organique fermentescible des déchets ménagers, le fumier et les déchets verts agricoles. Ces expériences ont été réalisées à différentes échelles en termes de tonnage de déchets.

Les projets à grande échelle menés à Agadir, Rabat, Meknès et Marrakech ont été soldés par un échec attribué essentiellement à l'inadaptation des techniques utilisées à la

nature de déchets ménagers (trop humides) et aux difficultés liées à l'opération de tri (Agadir: projet du Commune Urbaine avec ADEME France (2003-2004); Rabat, Meknès, Marrakech: projet par les régies d'eau et d'électricité - Agence Urbaine (les années 1980)

Par contre, les projets pilotés conduits à l'échelle de petites et moyennes communes au Maroc (Salé, Missour, Oulmès, Tiffet) entre 1990 et 2002, notamment par Enda Maghreb (un ONG), ont montré la faisabilité du compostage. A ce juste titre, ces projets peuvent intégrer les matières fécales comme matières additionnelles et enrichissantes du compost.

Les travaux de recherche réalisés, notamment à l'IAV de Rabat en fin des années 90, ont montré que le compost obtenu à partir des déchets ménagers organiques améliore la qualité des sols et les rendements des cultures.

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbügg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, Implementation Tools. <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/sludge-treatment/drying-beds>
- (3)Chalabi, A. (2014) Communication personnelle, Chef de Département de l'Environnement au CID (Conseil, Ingénierie et Développement), Maroc
- (4)Grela, M. R. (2004). Guide technique pour les systèmes d'assainissement autonome, Rapport provisoire – version 07 Royaume du Maroc Office National de l'Eau Potable (ONEP) et FAO, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1997>
- (5)Hamdani, I. (2008). Gestion des boues des stations d'épuration au Maroc: Quantification, caractérisation et options de traitement et de valorisation. Mémoire de Troisième Cycle, Royaume du Maroc Institute Agronomique et Veterinaire Hassan II – Rabat. Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2006>
- (6)MADRPM (1998). Epuration et réutilisation des eaux usées à des fins agricoles. Ministère de l'Agriculture du Développement Rural et des Pêches Maritimes, Administration du Génie Rural & Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate, Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2005>
- (7)OIEau (2013). Guide Technique: Filières de traitement des Matieres de Vidange. Office International de l'Eau, DINEPA, Haiti. <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1942>
- (8)Soudi, B. (2003). Manuel d'utilisation des boues résiduelles issues des stations d'épuration des eaux usées: Etat de l'art et tentatives d'adaptation aux pays de Proche Orient. Consultancy report for FAO, Morocco, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2014>
- (9)Liste de documents (contient documents dans la partie 1a sur les aspects de traitement): http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/2013-02-gt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf
- (10)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>
- (11)Xanthoulis, D. et al. (2008). Les techniques d'épuration des eaux usées à faibles coûts, Asia-Link, EuropeAid



FICHES VALORISATION ET REJET

FICHES VALORISATION ET REJET

7. VALORISATION

24 Irrigation avec les eaux usées traitées

Informations générales

L'irrigation est une pratique culturale qui consiste à combler la différence qui peut exister entre l'apport d'eau par les précipitations et le besoin des cultures. Il ne s'agit pas ici d'un traité sur l'irrigation, branche technique vaste de l'agriculture irriguée. Il s'agit plutôt d'aborder les spécificités et les modalités de l'utilisation des eaux usées traitées (EUT), aussi appelées souvent eaux usées épurées (EUE) pour l'irrigation des cultures.

Cette fiche technique se réfère à l'EUE en général, mais pour les détails on doit distinguer entre les eaux usées domestiques, issues uniquement des ménages, les eaux usées municipales, qui peuvent comporter une petite part industrielle et les eaux grises. Dès lors, le risque sanitaire lié à la réutilisation doit être appréhendé différemment qu'il s'agisse de l'une ou de l'autre de ces eaux usées. A titre d'exemple, l'irrigation avec des eaux grises traitées représente moins de risques que les deux autres.

Autres noms: Réutilisation des eaux usées épurées (REUE) pour l'irrigation; réutilisation des eaux usées traitées (REUT) en agriculture, réutilisation des eaux usées traitées en irrigation (REUTI)

En anglais: Irrigation (with treated wastewater), fertigation, treated wastewater reuse in agriculture; agricultural reuse of treated wastewater; re-use

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: blue;"></div>
Protection de l'environnement	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: blue;"></div>
Facilité de mise en œuvre	<div style="width: 100px; height: 10px; background-color: green;"></div>
Robustesse de la technique	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: blue;"></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div style="width: 100px; height: 10px; background-color: green;"></div>
Coûts et bénéfices	<div style="width: 100px; height: 10px; background-color: green;"></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div style="width: 30px; height: 10px; background-color: yellow;"></div>

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.

■ : Non applicable étant donné que l'agriculture est une pratique de réutilisation et pas une technique pour la protection de la santé ou de l'environnement. Ces aspects dépendent des techniques de gestion du risque sanitaire et des installations de traitement utilisées. Ceci devrait correspondre à un «vert» dans les conditions idéales (en cas de fertigation et fertilisation sous sol par exemple).

Principes de base

- Le niveau de traitement des eaux usées destinées à l'irrigation est moindre que celui exigé en cas de rejet dans l'eau de surface ou souterraine destinée à l'eau potable.
- Les éléments nutritifs contenus dans les eaux usées épurées sont bénéfiques aux cultures. Ils sont apportés à l'état soluble dans l'eau comme s'il s'agit d'une fertigation

(ou irrigation fertilisante). Ceci permet d'augmenter l'efficacité de leur utilisation et de réduire le recours aux fertilisants industriels dont la fabrication requiert une dépense énergétique.

- L'utilisation des éléments nutritifs par les plantes cultivées constituent, dans une certaine mesure, un traitement complémentaire car les éléments nutritifs sont absorbés par les cultures au lieu de se lixivier vers les eaux souterraines ou transférés, sous forme soluble ou particulaire, vers les eaux de surface; Cela permet d'éviter la pollution nitrique des eaux souterraines et l'eutrophisation des eaux de surface.



Figure 1: Réutilisation des eaux usées traitées à Attaouia - irrigation de surface de luzerne (source: B. El Hamouri, 2007).

- Dans les zones bien dotées en eau, le remplacement de l'eau conventionnelle par l'EUE peut contribuer à la conservation de la ressource et résorber le déficit hydrique.
- Souvent, sous climat chaud, les EUE peuvent être perdues, en proportion significative, par évaporation et/ou infiltration sans pour autant rejoindre les eaux de surface ou souterraines ce qui se traduit par une perte de la ressource.
- Le recours à l'irrigation avec les EUE n'est pas sans risques; les plus importants à considérer sont:
 - Le risque sanitaire qui résulte du contact du travailleur/se agricole avec l'eau et de celui de la consommation de denrées contaminées par les pathogènes qui peuvent subsister dans l'eau traitée.
 - Le risque de la contamination des eaux de surface en cas de ruissellement de l'excédent de l'eau d'irrigation.
 - Le risque de contamination des eaux souterraines par les nitrates lorsque la quantité d'azote apportée par les eaux usées, à un stade donné de la culture, excède son besoin. Ce phénomène est intense dans les sols sableux filtrants. L'intensité de ce risque est conditionnée par le type de sol et le type d'assolement.
 - Le risque d'une accumulation excessive des sels dans le sol (salinisation) ou de sodification (excès de sodium) ou d'apport des éléments traces métalliques, ou d'autres contaminants émergents.

- Dans le cadre défini par la réglementation nationale en vigueur depuis 2002, les eaux usées brutes non traitées ne doivent pas être utilisées. Seule l'eau traitée peut être utilisée.
- Il est à noter que les normes actuelles définies par l'Arrêté 2002 sont contraignantes et qu'une révision de ces normes est en cours pour pouvoir adapter chaque type d'usage à une qualité donnée de l'EUE tout en s'inspirant de l'approche multi-barrières recommandée par l'OMS en 2006.
- Il faut respecter les modalités fixées par le décret d'utilisation des eaux usées (lui-même en cours de révision) et par l'Arrêté fixant les normes de la qualité des eaux destinées à l'irrigation.
- Les directives de 2006 de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sur la réutilisation des eaux usées, des excréta et des eaux grises soulignent entre autres la nécessité de recourir à une approche multi-barrières pour limiter le risque de transmission des germes pathogènes aux travailleurs/(euses) agricoles et aux consommateurs/(trices) des denrées irriguées. Les barrières agricoles mentionnées sont les suivantes:
 - Les techniques d'application de l'eau (irrigation localisée ou de surface)
 - La restriction du choix des cultures irriguées entre denrées consommées après cuisson, cultures industrielles ou fourragères et denrées consommées à l'état cru
 - Les mesures additionnelles post-récolte: mise en place d'une période d'attente entre la date de la dernière irrigation et celle de la récolte de du fruit ou du légume consommé, lavage des produits, etc.
- Plus de précautions doivent être prises s'il s'agit des fruits et légumes consommés à l'état cru notamment ceux qui comme la tomate peuvent entrer en contact avec l'eau d'irrigation.
- Les cultures énergétiques telles que l'eucalyptus, le peuplier, le saule, ou les bois de chauffe peuvent se développer en rotation courte (voir fiche d'information « Plantation de biomasse »).
- Les possibilités de passage des pathogènes des EUE à la denrée consommée dépend de la combinaison de plusieurs facteurs qui sont le type de culture (port dressé ou rampant), la nature du produit consommé (cru ou après cuisson), le système d'irrigation, etc...
- Généralement, l'irrigation par aspersion devrait être évitée pour réduire au minimum l'évaporation, les brûlures des feuilles par le sodium et le contact du produit avec les germes pathogènes.
- Quand la qualité de l'effluent le permet, l'irrigation localisée doit être préférée à l'irrigation de surface en raison de la supériorité de la première sur le plan sanitaire.

Conditions d'application

- En général, l'irrigation avec l'eau usée épurée (EUE) est une opportunité à valoriser lorsque la réutilisation des EUE s'avère profitable notamment en cas de déficit climatique, de rareté des eaux conventionnelles à coût concurrentiel, et d'accueil à l'irrigation exprimé par les agriculteurs/trices.
- Quand il s'agit de cultures nécessitant de grands volumes d'eau d'irrigation et pour assurer la durabilité de l'irrigation avec l'EUE, il faudrait procéder à une optimisation des apports d'eau (selon l'ETM : Evapo-Transpiration Maximale) et des éléments apportés par l'EUE (éléments nutritifs et sels) notamment l'azote. Pour cela, outre les limitations générales imposées par l'irrigation conventionnelle (composition de l'eau, type de sol, données climatiques et type de culture) que la dose d'irrigation puisse tenir compte également:
 - De l'excédent d'éléments fertilisants potentiellement lessivables ou pouvant être infiltrés dans la nappe.
 - Des caractéristiques physico-chimiques des EUE.
 - Des taux d'accumulation des éléments traces métalliques et d'autres contaminants émergents éventuels.
- Des cultures telles que le maïs, la luzerne, le coton, le tabac, les arbres fruitiers et les aliments exigeant un procédé de transformation industriel peuvent être cultivées sans risque avec l'EUE.



Figure 2: Réutilisation des eaux usées traitées à Attaouia après traitement: RAFADE suivi d'un chenal algal et de deux bassins de maturation en série (source: B. El Hamouri, 2007).

Options possibles de valorisation

Il s'agit d'une méthode de valorisation.

Dimensions	La taille d'un projet d'irrigation en milieu rural peut aller de la parcelle familiale irriguée avec une eau grise filtrée jusqu'à un projet pouvant couvrir 5 à 10 ha dans un centre de taille moyenne équipé d'une station d'épuration.
Coûts d'investissement	Variables selon la taille du projet, les cultures choisies, l'éloignement ou la proximité de la station d'épuration, la source des eaux usées dans le cas des eaux grises, ainsi que le mode d'irrigation envisagé.
Coûts d'exploitation	Variable; les coûts de pompage peuvent s'ajouter si la distribution n'est pas gravitaire.
Durée de vie	Non applicable

Conception et construction

La mise en place d'un système d'irrigation requiert les opérations suivantes:

- Aménagement du terrain
- Définition de l'assolement et identification des cultures à promouvoir
- Calcul des besoins en eau des cultures
- Choix du système d'irrigation en fonction de la qualité (présences des boues,...) des eaux usées épurées.

Pour cela deux techniques sont recommandées:

- Irrigation au goutte-à-goutte où l'eau est égouttée lentement sur ou à proximité de la zone racinaire; et
- Irrigation en canaux où l'eau est véhiculée dans une série de canaux ou de sillons creusés.

L'irrigation au goutte-à-goutte (l'irrigation localisée):

L'irrigation au goutte-à-goutte est la méthode d'irrigation la plus appropriée bien qu'elle exige une filtration des eaux afin d'éviter le colmatage par les matières en suspension.

L'irrigation goutte-à-goutte est une méthode d'irrigation qui permet à un producteur/(trice) de contrôler l'application de l'eau et des engrais en laissant l'eau couler lentement près des racines des plantes grâce à un réseau de vannes, tuyaux, tubes et émetteurs.

L'irrigation en canaux:

L'irrigation en canaux (irrigation par épandage) occasionne des pertes par évaporation, mais exige peu ou pas d'infrastructures et peut être appropriée dans certaines situations.

Entretien et maintenance

Entretien et maintenance d'équipement pour l'irrigation goutte-à-goutte:

- Les systèmes d'irrigation goutte-à-goutte doivent être nettoyés périodiquement pour enlever tous les dépôts solides formés.
- La tuyauterie doit être examinée pour déceler les fuites car elle est sujette à des dommages par les rongeurs et l'humain.
- L'irrigation goutte-à-goutte est plus coûteuse que l'irrigation conventionnelle, mais elle améliore les rendements et diminue les coûts d'exploitation et d'eau.
- Le coût de l'installation est souvent amorti par l'épargne faite sur le coût du pompage surtout dans des régions (semi) aride et quand la nappe est profonde. Aussi l'irrigation par épandage implique des frais supplémentaires en main d'œuvre qui peuvent être importants.

Aspects sanitaires et environnementaux

- Il y a des risques sanitaires potentiels si les eaux usées ne sont pas suffisamment traitées au préalable (réduction insuffisante des pathogènes).
- L'utilisation prolongée d'eaux usées inappropriées ou insuffisamment traitées peut endommager à long terme la structure du sol et peut augmenter le niveau de la salinité et particulièrement en cas de l'irrigation localisée.
- Pour atténuer le problème de salinisation, il est recommandé de recourir à une alternance eau usée épurée/eau conventionnelle ou procéder par dilution des eaux usées en les mélangeant avec des eaux conventionnelles (si ces eaux sont disponibles).
- En dépit des questions de sécurité, l'irrigation avec l'EUE est une manière efficace de lutter contre l'eutrophisation et la contamination des eaux souterraines par les nitrates.
- L'irrigation au goutte-à-goutte est le seul type d'irrigation qui devrait être utilisé pour les cultures dont les produits sont destinés à la consommation humaine et animale.
- Dans tous les cas, des précautions devraient être prises pour éviter un contact direct entre les EUE et les ouvriers/(ères) et les récoltes.
- Ces précautions ne sont pas exhaustives et de ce fait il est recommandé de se référer au décret et à l'Arrêté fixant respectivement les conditions et les normes de réutilisation des EUE.



Figure 3: Réutilisation des eaux usées épurées (voir Figure 3) à Attaouia irrigation de surface. Culture de blé tendre (source: B. El Hamouri, 2007).

Acceptabilité

- Les agriculteurs/trices recourent à l'EUE en cas de rareté de l'eau conventionnelle à moins que le prix de revient de l'EUE soit bien inférieur à celui d'une eau conventionnelle éventuellement disponible.
- Les consommateurs/trices sont réticent(e)s vis-à-vis de la réutilisation et ne sont pas toujours au courant qu'elle est pratiquée. Il est recommandé d'élaborer et mettre en œuvre un plan de communication genderisé sur la question de la réutilisation de l'EUE.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de la pression sur les eaux conventionnelles. Contribution à l'adaptation aux changements climatiques. Réduction des besoins en engrais et protection contre la pollution des eaux souterraines et de surface dans le cas d'une réutilisation rationnelle. Valorisation d'une ressource en eau pérenne peu dépendante des aléas climatiques. Amélioration du revenu des populations locales hommes et femmes.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> Les eaux usées traitées doivent être décantées ou filtrées en amont du système d'irrigation par goutte-à-goutte. Nécessite l'intervention d'un (e) technicien (ne) spécialisé (e) pour la conception et l'installation. Toutes les pièces et tous les matériaux peuvent ne pas être disponibles localement.

Exemples au Maroc

L'expérience nationale pour l'irrigation date des années 90, notamment à Ouarzazate, Ben Sergao, Attaouia et Drarga pour l'irrigation des cultures, et à Benslimane, Marrakech, Agadir pour l'arrosage de golfs. Des projets sont en cours de concrétisation à Guelmim, Tiznit et Settat.

Projet de Ouarzazate et Ben Sergao:

Principales cultures testées: Luzerne, maïs grain, blé, courgette, fève, concombre, petits pois, tomate et navet.

Les résultats obtenus ont montré que la REUE a contribué à:

- l'économie d'eau;
- l'économie de fertilisants (100% N, 50% P, 100% K);
- l'augmentation des rendements (plus de 70%);
- la protection de la santé du consommateur/(trice) et de l'environnement;
- la production de données fiables nécessaires à la conception;
- au dimensionnement des STEP adaptées aux contextes locaux et à la conduite contrôlée de la REUE en agriculture;
- la production de données pour opérer le choix des modes d'irrigation les plus appropriés selon la qualité des eaux;
- la constitution des premières références marocaines sur l'utilisation des boues résiduaires d'une façon sécuritaire.

Situation en 2011 de la réutilisation des eaux usées épurées (REUE):

17 projets connus de réutilisation pour environ 32,38 Mm³/an:

- Usage en irrigation: 13% (Ben Ahmed, Skhirat);
- Usage espaces verts golfs: 66% (Marrakech, Agadir, Benslimane, Essaouira, Bouznika).

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbügg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)pS-Eau (2010). Guide 4: Choisir des solutions techniques adaptées pour l'assainissement liquide, http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?docu_document_id=2359&l=fr
- (3)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/site-storage-and-treatments/co-compostin>
- (4)Enayetullah, I., Zurbügg, C., Rotenberg, S., Maqsood, A. (2006). Compostage urbain décentralisé dans les pays à faibles et moyens revenus.

- Manuel de l'utilisateur. Eawag, Waste concern, PNUD. Eawag, Waste Concern, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/835>
- (5)Soudi, B. (2003). Rapport d'évaluation des centres de Co-traitement des déchets ménagers mis en place à Missour, Oulmès et Tiflet. Consultancy report for ENDA Maghreb, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2015>
- (6)Soudi, B. (2005). Le compostage des déchets de cultures sous serre et du fumier. MADRPM/DERD, Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1927>
- (7)Soudi, B., Chrifi, H. (2007). Options de gestion des déchets solides municipaux adaptées aux contextes des Pays du Sud. Enda Maghreb, enda Tiers Monde, Morocco, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1928>
- (8)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>
- (9)Liste de documents (contient documents dans la partie 1a sur les aspects de traitement): http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/2013-02-gt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf

VALORISATION

25 Epannage des boues et digestats

Informations générales

Les boues de vidange ou de curage/raclage (de fosses ou de décanteurs) doivent être digérées ou stabilisées avant leur utilisation. Les digestats sont les effluents de digesteurs traitant des eaux usées, des boues mélangées avec ou non des déjections animales et d'autres déchets organiques. Selon leur qualité, les boues traitées ou les digestats peuvent être directement appliqués aux sols comme fertilisant et amendement organique ou subir un traitement supplémentaire.

Les méthodes de traitement des boues et digestats sont: (co-) compostage avec d'autres matières organiques comme déchets agricoles, déchets solides et d'autres agents structurants (voir la fiche d'information sur le (co-) compostage), séchage (voir la fiche d'information sur les lits de séchage des boues).

Les boues ou digestats valorisables ciblés par cette fiche technique sont:

- Les boues non stabilisées ou partiellement stabilisées qui sont issues des latrines à fosse, fosses septiques, décantats de digesteurs, lagunage ou dispositifs similaires.
- Les digestats des digesteurs alimentés tout au moins partiellement en eaux usées et boues.

Autres noms: Epannage des boues de STEP (stations d'épuration), décantats, résidus solides de STEP ou de digesteurs, bio-solides

En anglais: Land application of sludge or digestate; biosolids

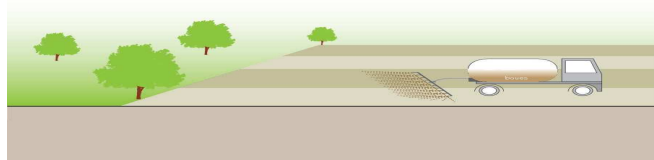


Figure 1: Le principe d'épandage des boues et digestats (source: Tilley et al., 2008). Ce schéma montre l'épandage des boues sous forme liquide mais les boues solides peuvent aussi être épandues sur les sols.

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div></div>
Protection de l'environnement	<div></div>
Facilité de mise en œuvre	<div></div>
Robustesse de la technique	<div></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div></div>
Coûts et bénéfices	<div></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div></div>

: Point fort de l'équipement. : moyen . : faible.

L'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA) a défini différents niveaux de qualité des boues selon leur traitement et leur qualité, et donc le risque sanitaire. Les boues de la classe A peuvent être utilisées sans presque aucune restriction et vendues pour l'usage public.

Les boues après traitement ou les digestats peuvent être utilisés en agriculture, pour le jardinage à domicile, la sylviculture, les pelouses, l'aménagement paysager, les parcs, les allées d'arbres, la réhabilitation de zones minières ou industrielles, la couverture des décharges ou la maîtrise de l'érosion.

Bien que les boues ou digestats aient des taux de nutriments plus bas que les engrais minéraux du commerce (azote (N), phosphore (P) et potassium (K)), ils peuvent couvrir une part ou la totalité des besoins des plantes. C'est pour cela, que la connaissance de leur composition est nécessaire pour pouvoir estimer les quantités de nutriments susceptibles d'être libérées directement ou après minéralisation.



Figure 2: Application des boues solides issues d'une station d'épuration dans un champ cultivé situé dans la région de Hanovre en Allemagne (source: M. Winker, 2011).



Figure 3: Application des liquides issues d'une station d'épuration dans un champ cultivé situé dans la région de Hanovre en Allemagne (source: M. Winker, 2011).

Il s'est avéré que les boues ont aussi d'autres propriétés supérieures à celles des engrais minéraux du commerce, telles que les propriétés structurantes du sol, de capacité du sol de rétention d'eau et de libération lente et progressive des nutriments. En effet, contrairement aux engrais minéraux du commerce, cette dernière propriété permet une nutrition des plantes en minimisant les risques de lixiviation des excès non mobilisés par la plante, à condition de tenir compte de la fourniture des éléments nutritifs dans les plans de fertilisation des cultures.

Les boues sont étalées sur la surface du sol à l'aide d'épandeurs d'engrais minéraux, des camions vidangeurs ou des véhicules spécialement conçus.

Les boues ou digestats liquides (non pressés ou déshydratés) peuvent être pulvérisés sur les terres, ou être injectés dans le sol. Les boues plus sèches doivent être épandues sur les

sols (avant d'y être incorporées) manuellement ou à l'aide de bennes, épandeurs suivis d'outils de travail des terres.

Digestats:

- L'effluent d'un digesteur est constitué des substrats digérés qui sortent par débordement du digesteur. Lorsque le digesteur est rempli, le volume quotidien disponible est égal à la quantité versée chaque jour dans le bac d'alimentation. Ces effluents ont uniquement perdu le carbone facilement dégradable lors de leur digestion (soit env. 25% du carbone total).
- Tous les éléments fertilisants sont conservés et sont partiellement minéralisés. Ils sont donc plus directement accessibles pour les plantes et les rendements sont donc importants.
- Il est à noter que les digestats provenant de lisiers, fumiers, matières organiques agricoles ne doivent pas faire l'objet de restrictions lorsqu'ils sont destinés à amender le sol.

Conditions d'application

L'application des boues ou digestats sur les sols est souvent moins coûteuse et s'avère très bénéfique sur les plans agronomique et environnemental comparée à la mise en décharge. Les gestionnaires des décharges demeurent d'ailleurs souvent réticents(es) à l'accueil des boues dans les décharges surtout si la siccité (teneur en matière sèche) ne dépasse pas 30%.

Les taux d'application et les usages des boues ou digestats, respectant les normes en vigueur relatives aux pathogènes et aux contaminants chimiques, doivent tenir compte de la quantité de nutriments véhiculée par les boues et celle présente dans le sol pour pouvoir appliquer une dose rationnelle. Des règles appropriées de sécurité et d'application doivent être contrôlées et adoptées.

Les conditions d'épandage sont définies par la réglementation. En général, les facteurs pris en compte sont: l'état de surface (par exemple: le sol, au moment de l'épandage, ne doit pas être submergé d'eau ou de neige; l'épandage doit aussi être évité juste avant ou lors de période de fortes pluies, la topographie, la proximité des zones de captage de l'eau potable ou à l'amont immédiat des retenues de barrage).

Bien que des boues soient parfois critiquées pour les niveaux potentiellement élevés de métaux ou de contaminants (en zones industrielles), les engrais minéraux du commerce sont également contaminés à des degrés variables, très souvent avec du cadmium ou d'autres métaux lourds.



Figure 4: Application de boues liquides sur une culture énergétique (saules) en Allemagne (source: ttz-Bremerhaven, 2006).

Options possibles de valorisation

Cette technique concerne essentiellement la valorisation; le détail est relaté dans les autres sections de cette fiche technique.

Dimensionnement/Conception	Variable en fonction de l'assolement et des types de cultures
Coûts d'investissement	Selon les techniques et la taille (par exemple épandage à l'aide de fûts, charrettes, épandeurs, camions)
Coûts d'exploitation	Variables mais généralement faibles si la distance aux champs est courte
Durée de vie	Pas de pertinence ici

Conception et construction

Les exigences les plus communes pour la réutilisation des boues sont le niveau de traitement des boues (déshydratation, stabilisation ou traitements spécifiques); les restrictions sur les teneurs en métaux lourds, la matière sèche et les nutriments; les limitations en relation avec le pH du sol et le type de cultures qui recevront les boues, ainsi que les contacts avec l'humain et animaux dans les champs et pour le suivi.

Les avantages de l'application de boues de digesteurs plutôt que des boues non digérées sont:

- Décomposition de la matière organique dans le sol avec apports réguliers de nutriments directement disponibles pour les plantes;
- Forte réduction des graines de mauvaises herbes;
- Equilibre du pH, meilleure activité biologique du sol;
- Conservation totale des nutriments et microéléments;
- Minéralisation d'azote organique en NH_4^+ mieux fixé par les particules de sol;
- Haute valeur humifère, surtout s'ils sont utilisés avec d'autres matières organiques comme les déchets verts;
- Un grand pourcentage (plus que 99,99%) de pathogènes sont éliminés au cours du processus de digestion anaérobie. Les digestats ne sont pas, toutefois, indemnes de pathogènes.

- Principes d'application des digestats:
 - Ne pas dépasser 60 tonnes de digestats liquides (ou 30 à 50 tonnes de digestats compostés) par hectare.
 - L'application peut être complétée par des engrais minéraux du commerce (équilibre des besoins des plantes) ou organiques différents (équilibre du C/N).
 - Enfouir les digestats très rapidement dans le sol.
 - Ne pas faire d'aspersion (dans l'air: volatilisation de l'ammoniac).
 - Fractionner au maximum les apports (et suivre les besoins de la plante).
 - Applications en sillons pour les cultures maraîchères.
 - Applications en poquets pour les cultures à repiquer.
- Utilisation des digestats:
 - Peuvent être utilisés pur: déversement en canaux, tranchées d'irrigation (seguias), tuyaux ou transportés en chariot et citernes, brouettes, seaux ou fûts.
 - Peuvent être co-compostés avec des résidus verts, pailles, déchets, feuilles, bois de taille.
- L'épandage des boues après leur co-compostage présente les avantages suivants comparés aux boues non compostées (voir aussi la fiche d'information sur le (co-) compostage):
 - Une stabilisation et une hygiénisation grâce à la phase thermophile qui a eu lieu durant le processus de compostage
 - Un stockage sans nuisance environnementale
 - Une réduction de moitié du volume initial des boues (il s'agit donc d'une option à la fois de valorisation verte et d'élimination)
 - Un apport en matière organique riche en humus ce qui transforme le compost de boues en un excellent conditionneur du sol
 - Un épandage propre.
- L'application des boues lors de fortes chaleurs, sous les climats chauds, peut avoir comme conséquence la volatilisation des éléments nutritifs.

Entretien et maintenance

- L'équipement d'épandage doit être entretenu pour assurer l'utilisation continue.
- La quantité et le taux d'application des boues ou digestats devraient être surveillés pour éviter toute surcharge et donc la pollution potentielle par les nutriments.

Aspects sanitaires et environnementaux

- Selon l'origine des boues de vidange et la méthode de traitement, les boues ou digestats peuvent être traités à un niveau où ils sont généralement sans danger et ne posent pas de problème significatif d'odeurs ou de transmission.
- Les législations locales contrôlent la valorisation des boues en agriculture et diffère de pays à pays. En général, la dose d'application est basée sur les concentrations en nutriments, en métaux lourds et polluants organiques.

- En Europe, la directive 86/278/EEC dicte les conditions minimales et chaque état membre est tenu d'avoir une législation plus stricte basée sur les besoins locaux et les objectifs environnementaux.
- Au Maroc, la valorisation des boues s'inspire, avec des adaptations au contexte local, de la norme européenne (voir plus bas).
- Les boues provenant des grandes STEP peuvent contenir des contaminants chimiques provenant de certains produits utilisés au niveau de ménages ou de l'intrusion des rejets industriels dans le réseau de collecte des eaux domestiques. Les boues de vidange des latrines ne contiennent pas de produits chimiques toxiques et ne présentent pas en conséquence de risque de contamination avec les substances chimiques toxiques, mais le risque est lié aux pathogènes demeure présent.

Acceptabilité

- Si les boues sont séchées ou compostées, les agriculteurs/trices sont demandeurs(es). Les expériences naissantes au Maroc et l'expérience de la Tunisie avant le blocage de 1998, le démontrent. Par contre, le problème récent à l'international, c'est la réticence des associations des consommateurs/trices à cause de contaminants émergents non listés dans les normes ni en Europe, ni aux USA (micropolluants organiques, molécules perturbatrices du métabolisme endocrinien).
- Cependant, même lorsque les boues ou digestats ne sont pas acceptés dans l'agriculture ou par les industries locales, ils peuvent encore être utiles pour des projets municipaux et réellement fournir de l'épargne significative aux projets publics.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Faible coût et technique simple. • Réduit l'utilisation des engrais minéraux du commerce. • Améliore la qualité des sols (taux de matières organiques, rétention en eau). • En comparaison à l'alternative d'élimination sporadique ou leur mise en décharge, l'application des boues contrôlée et rationnelle aux sols agricoles réduit les risques environnementaux et sanitaires dus à des agents pathogènes.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Odeurs normalement perceptibles (selon le traitement antérieur). • Peut nécessiter un équipement spécial d'épandage. • Besoin d'encadrement des usagers/ères sur les bonnes pratiques d'application. • Des risques environnementaux et sanitaires peuvent être encourus si les normes et les bonnes pratiques de valorisation ne sont pas respectées.

Exemples au Maroc

- Au Maroc, l'application des boues ou digestats par les agriculteurs est une pratique peu répandue mais naissante. Par contre, il y a des chercheurs/ses qui ont travaillé sous des conditions contrôlées: au laboratoire, vases de végétation, etc. Des essais ont été aussi conduits, à petite et moyenne échelle, dans des pays de contexte similaire (Égypte, Algérie et Tunisie).

- La réglementation des normes et des modalités et conditions de valorisation est en cours d'élaboration en Maroc par le Département de l'Environnement.
- La demande existe mais par manque de réglementation, les opérateurs/trices refusent de livrer les boues aux agriculteurs/trices. Les opportunités sont là, car les sols sont très pauvres en matière organique.
- Dans les jardins d'essai et d'expérimentation de Dayet Ifrah, le digestat est appliqué dans des sillons creusés à environ 20 cm des plantes. La dose du digestat appliquée pour fertiliser les cultures testées est équivalente à la dose d'azote recommandée pour les engrais d'urée ou d'ammonium. L'application se fait par des seaux ou directement par les bidons de stockage. Après l'application, les sillons sont recouverts avec la terre pour éviter les émissions d'ammoniac produites par le digestat. L'application du digestat dans les jardins d'essai a fait preuve d'une amélioration du rendement des cultures testées.



Figure 5: Epandage de digestat au jardin d'essai à Dayet Ifrah, Maroc (source: S. Derouich, 2013).

- Effets de l'application des boues issues de lagunage sur sol argilo-limoneux à Ouarzazate au Maroc: le rendement en matière sèche de Ray Gras d'Italie (une plante fourragère) a augmenté de manière significative suite aux applications des boues séchées. La teneur en matière organique du sol a également augmenté.

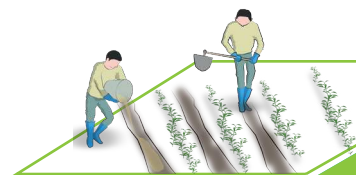
Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrügg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/reuse-and-recharge/hardware/reuse-blackwater-and-greywater-agricultu-2>
- (3)SEEE (2007). Normes de Qualité - Eaux destinées à l'irrigation. Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (MEMEE), chargé de l'Eau et de l'Environnement, Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1836>
- (4)Palada, M., Bhattarai, S., Wu, D., Roberts, M., Bhattarai, M., Kimsan, R., Midmore, D. (2011). More crop per drop - Using simple drip irrigation systems for small-scale vegetable production. AVRDC - The World Vegetable Center, Shanhua, Taiwan. AVRDC. Publication No. 09-729, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1094>
- (5)Présentations 4 février 2013, Rabat, Maroc: « L'utilisation des eaux usées en agriculture, historique et perspectives », M. Belghiti; « Stratégie Nationale de l'Eau en matière de protection et de développement de l'offre: Réutilisation des eaux usées épurées (REUE) », MEMEE; « Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées » M. Rifki, <http://>

- www.agire-maroc.org/activites/assainissement-et-reutilisation-des-eaux-usees/atelier-pnar-fevrier-2013-rabat.html
- (6)WHO (2006). WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater (Vol. II) - Wastewater Use in Agriculture. WHO/UNEP/FAO, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/348>
 - (7)MAPM et NOVEC (2014) Boîte à Outils – Volume 3: Guide de sensibilisation sur les bonnes pratiques de sécurisation de la réutilisation des eaux traitées en agriculture. Ministère d'Agriculture et de la Pêche Maritime, Maroc (Version Draft).
 - (8)Soudi, B., Xanthoulis, D. (2007). Guide technique de réutilisation en agriculture des eaux usées épurées et des boues des stations d'épuration. Convention FAO/UTF/MOR023/MOR Assistance technique au programme de développement de l'alimentation de l'eau potable rurale et de l'assainissement, ONEP, FAO, Morocco, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2012>
 - (9)Soudi, B. (2013). Valorisation des eaux non conventionnelles: Renforcement de l'offre et mesure d'adaptation au changement climatique dans les zones arides, Cas du Maroc. Consultancy report for FAO, Morocco, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2013>
 - (10)Liste de documents (contient documents dans la partie 1b sur les aspects de la réutilisation des produits de l'assainissement): http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/2013-02-gt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf
 - (11)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>

VALORISATION

26 Fertilisation par l'urine



Informations générales

L'urine est une solution aqueuse composée de plus de 95% d'eau, d'urée, de créatinine, d'ions dissous (azote, chlorure, sodium, potassium, etc.), de composés inorganiques et organiques ou de sels. L'urine est riche en nutriments nécessaires pour la croissance et le développement des plantes. L'urine collectée et stockée séparément peut être utilisée en agriculture comme fertilisant en remplacement d'une partie ou de la totalité des engrais chimiques commerciaux.

Autres noms: Valorisation agricole de l'urine

En anglais: Fertilisation with urine

Commentaire:

Cette fiche devrait être lue à la suite de la fiche « Stockage de l'urine ».

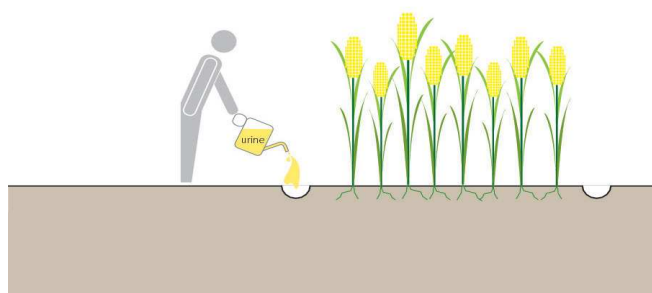


Figure 1: Le principe de fertilisation par l'urine (source: Tilley et al. 2008).

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	<div></div>
Protection de l'environnement	<div></div>
Facilité de mise en œuvre	<div></div>
Robustesse de la technique	<div></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	<div></div>
Coûts et bénéfices	<div></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div></div>

: Point fort de l'équipement. : moyen. : faible.

Principes de base

- L'urine humaine contient la majorité des minéraux excrétés par le corps. L'urine produite par an et par personne peut contenir en moyenne 2 à 4 kg d'azote, 0,4 kg de phosphore et 0,9 kg de potasse. La qualité de l'urine change selon le régime alimentaire, le sexe, le climat, la consommation d'eau, et d'autres facteurs.

- Les personnes femmes et hommes en bonne santé ont des urines pratiquement exemptes de microbes pathogènes. Mais des risques sont présents avec des populations sujettes à virus et bactéries pathogènes.
- L'urine de personnes malades hommes et femmes peut contenir des germes pathogènes tels que celui de la typhoïde. Des antibiotiques, des hormones et des résidus de médicaments peuvent être présents dans l'urine.
- L'urine peut être appliquée pure ou diluée à l'eau.
- La fertilisation foliaire n'est pas recommandée, l'urine devrait être appliquée très près du sol ou incorporée dans le sol, afin d'éviter les odeurs, la perte d'ammoniac, la génération d'aérosols, les brûlures et la contamination éventuelle des plantes par les microbes pathogènes restants.
- L'urine peut être appliquée de la façon suivante:
 - mélangée dans le sol non diluée (sans l'eau) avant la plantation ou le semis; ou
 - versée dans des sillons suffisamment loin des racines des plantes et recouverte immédiatement (une ou deux fois pendant la période de croissance); ou
 - diluée plusieurs fois et appliquée fréquemment (deux fois par semaine) autour des plantes.
- Les recommandations basées sur les expériences menées à Dayet Ifrah:
 - creuser des sillons à environ 20 cm des plants, appliquer l'urine diluée, et refermer les sillons avec la terre.
 - creuser une raie circulaire à côté ou autour du plant à l'aide d'une binette ou un trou à quelques 10 cm du plant, appliquer l'urine diluée, ensuite fermer la raie ou le trou.

Conditions d'application

- L'urine est particulièrement bénéfique pour les cultures qui ont besoin de beaucoup d'azote. Parmi les cultures qui se développent bien avec l'urine, on peut citer: le maïs, le riz, le millet, le sorgho, le blé, le cardon, le navet, les carottes, le chou frisé, le chou, la laitue, les bananes, la papaye et les oranges.
- L'application d'urine est idéale pour les milieux ruraux et périurbains où les champs agricoles sont proches du point de collecte de l'urine.
- Les ménages peuvent utiliser leur propre urine sur leur propre champ de culture.
- Si les équipements et les infrastructures existent, l'urine peut être collectée dans un endroit semi-centralisé pour être transportée et distribuée dans les zones agricoles.

- La dose d'urine à appliquer pour fertiliser les cultures doit être équivalente à la dose recommandée des engrais azotés minéraux. Toutefois, l'urine peut devenir une source de pollution et de nuisance si elle est inadéquatement gérée.



Figure 2: Fertilisation par l'urine à Dayet Ifrah, Maroc (source: GIZ-AGIRE, 2012).



Figure 3: Fertilisation par l'urine à Dayet Ifrah, Maroc (source: GIZ-AGIRE, 2012).

Chiffres clés	
Temps de stockage	1 à 6 mois, mais voir fiche technique sur « Stockage de l'urine » pour les détails
Dose d'application	Equivalente à la dose recommandée pour des engrais minéraux équivalents (règle générale: 1 m2 de terre de culture peut recevoir l'urine d'une personne par jour (1 à 1,5 litre).
Dilution (selon pratique culturale)	Un mélange 3:1 d'eau et d'urine est une dilution efficace
Coûts d'investissement	Variables, principalement: <ul style="list-style-type: none">le coût du réservoir de stockage d'urine qui peut être considérable si l'urine est stockée pendant quelques mois; dans la pratique, un petit réservoir pour un stockage d'un mois peut être suffisant (voir fiche technique sur « Stockage de l'urine »)les frais de transport depuis les TDSU jusqu'au champ
Coûts d'exploitation	Coût de distribution et supplément de la main d'œuvre (le cas échéant)
Durée de vie	Égale à la durée de vie du réservoir (20 ans ou plus)

Conception et construction

- Les directives pour la réutilisation de l'urine sont basées sur le temps et la température de stockage (voir les directives de l'OMS pour les conditions spécifiques: WHO (2006))

- et voir la fiche d'information sur « Stockage de l'urine ».
- Cependant, on accepte généralement que si l'urine est stockée pendant au moins 1 mois, elle peut servir pour une application agricole sans risques importants au niveau du ménage.
- Le stockage pendant 6 mois est recommandé pour l'urine provenant d'un système collectif. Si les produits sont consommés par le même ménage alors l'urine peut être utilisée directement sans stockage
- L'urine ne devrait pas être appliquée aux cultures à moins d'un mois avant la récolte.
- Sur la base des ratios avancés par SEI (2011): i) une production de 1 à 1,5 litres d'urine par personne et par jour et, ii) une concentration de 3 à 7 g d'azote /litre d'urine, et si on ne considère que l'élément « azote », on calcule une valeur azotée annuelle de 2,3 kg générée par une seule personne. Ainsi, sur la base d'un besoin moyen des cultures usuelles de 150 kg N/ha, l'urine d'une personne peut servir pour fertiliser 153 m2. Pour un ménage, composé de 5 personnes en moyenne, la superficie pouvant être fertilisée est de 765 m².
- Le niveau de dilution varie approximativement entre 1:1 (1 part d'eau contre 1 part d'urine) à 10:1, et le rapport 3:1 semble courant.
- Un mélange 3:1 d'eau et d'urine est une dilution efficace pour les légumes, appliqué deux fois par semaine, bien que la quantité dépende du sol et du type de plante.
- Pendant la saison des pluies, l'urine peut également être appliquée directement dans de petits trous près des plantes où elle sera diluée naturellement. Il faut veiller à appliquer l'urine loin des racines pour ne pas les brûler.



Figure 4: Essai dans des godets montrant l'effet du traitement de l'urine diluée sur le maïs à Harare, Zimbabwe (source: P. Morgan, 2008).



Figure 5: Comparaison de la récolte du maïs fertilisé avec l'urine (source: Sara Derouich, GIZ-AGIRE, 2012).

Entretien et maintenance

- Avec le temps, quelques minéraux des urines précipitent (particulièrement phosphates de calcium et de magnésium appelés struvites).
- Tout équipement utilisé pour collecter, transporter ou appliquer l'urine (c.-à-d. bidons, arrosoir) peut donc se colmater avec le temps. La plupart des dépôts peuvent être facilement enlevés avec de l'eau chaude et un peu d'acide (vinaigre), ou manuellement dans des cas extrêmes.
- Il est impératif de bien nettoyer les équipements après chaque usage pour éviter une éventuelle prolifération de pathogènes (en contact avec l'air libre, les caractéristiques physico-chimique de l'urine changent ce qui peut transformer le reste du liquide en bouillons de culture). Les pompes manuelles peuvent rouiller si elles ne sont pas lavées après usage ce qui augmente le coût d'exploitation.
- Une boue visqueuse peut s'accumuler au fond du réservoir de stockage. Au cours de la vidange du réservoir de stockage, la boue doit être vidée avec l'urine.
- La période de vidange dépend de la composition de l'urine et des conditions de stockage.
- Le dépôt de minéraux et de sel dans le réservoir ou sur les tuyauteries peut être manuellement enlevé (parfois avec un peu de difficulté).



Figure 6: Réseau d'irrigation par urine et préparation du jardin d'essai à Dayet Ifrah, Maroc (source: L. Herrmann, 2013).



Figure 7: Comparaison des oignons sans et avec fertilisation par l'urine et récolte de choux fertilisés à l'urine à Aguié, Niger (source: L. Dagerskog, 2010).

Aspects sanitaires et environnementaux

- La séparation à la source est une barrière efficace pour réduire les risques de la contamination des urines avec des matières fécales chargées en pathogènes.
- Les urines doivent être stockées dans des conteneurs fermés afin d'éviter tout contact direct des humains ou des animaux avec l'urine. Cette dernière ne doit pas être diluée lors du stockage, pour fournir un environnement plus dur pour les micro-organismes et augmenter le taux de mortalité des agents pathogènes.
- Le pH élevé de l'urine stockée est normalement de 9 à 9,3. Couplé à sa concentration élevée en ammonium, l'urine devient un liquide hautement cytotoxique pour les pathogènes.
- L'urine est à appliquer lors des semis ou plantations comme un engrais à action rapide.
- L'urine sera appliquée lors des semis ou plantations comme un engrais à action rapide.
- L'urine peut être concentrée en médicaments et hormones si elle provient de personnes qui utilisent ces produits.

Acceptabilité

- Il n'est pas évident de faire adhérer les personnes hommes et femmes à manipuler l'urine stockée qui a une forte odeur.
- Si l'urine est mélangée à l'eau d'irrigation distribuée en conduites, les odeurs ne sont plus perceptibles.
- L'utilisation de l'urine peut être moins acceptée dans les zones urbaines ou périurbaines où les jardins potagers sont près des maisons par rapport aux zones rurales où les maisons et les champs agricoles sont séparés.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Technique simple pour tous les utilisateurs/trices. • Engrais biologique et gratuit (l'urine en elle-même est un fertilisant gratuit, les coûts sont surtout liés au bidons de stockage, au transport et à la main-d'œuvre pour l'application au champ). • Faible risque de transmission de microbes pathogènes. • Réduit la dépendance aux engrais chimiques coûteux. • Favorise la génération de revenus (plantation d'arbres et production de fruits) • Cette technique permet la réutilisation complète des macronutriments et les micronutriments qui sont présents dans l'urine. • Pertes d'azote possible si sols basiques et si irrigation par aspersion.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulté possible de transporter l'urine surtout pour les femmes depuis le lieu de stockage jusqu'au lieu d'application. • Les odeurs peuvent être nauséabondes. • Fort besoin en main-d'œuvre masculine ou féminine. • Risque de salinisation des sols à moyen et long terme si surdosage.

Résultats des expériences des jardins d'essai à Dayet Ifrah (projet pilote d'assainissement écologique rural):

- **Afin d'évaluer l'effet de fertilisation par l'urine, des jardins d'essai et de démonstration ont été mis en place dans le moyen Atlas dans le village Ait Daoud ou Moussa situé autour du Lac «Dayet Ifrah». Ainsi et sur les quelques exemples pour la pomme de terre fertilisée avec l'urine les résultats se présentent comme suit :**
 - Le rendement moyen de la pomme de terre non fertilisée (témoin absolu) est de 42,8 t/ha, le rendement de la pomme de terre fertilisée avec l'engrais chimique NPK 7-14-7 est de 47,9 t/ha, et le rendement de la pomme de terre fertilisée avec l'urine à 100% est de 52,4 t/ha.
 - L'engrais chimique donne des résultats supérieurs au témoin absolu, mais inférieurs à ceux issus du traitement avec l'urine à 75%, car l'urine contient des éléments nutritifs autres que N, P et K, tel que le sodium et le calcium.
 - Plus on augmente la quantité d'urine apportée plus le rendement est amélioré (entre 50% et 150% d'urine, le rendement est amélioré d'environ 20%).
- **Les résultats des enquêtes menées à Dayet Ifrah (en 2011) concernant l'acceptabilité des produits ecosan et leur valorisation dans l'agriculture sont comme suit:**
 - 70% des enquêtés acceptent l'utilisation de l'urine comme fertilisant agricole (car ça permet d'épargner de lourdes dépenses en engrais), les 30% qui restent sont contre le projet parce qu'ils croient que le sujet est « tabou » et non rentable.
 - 95% sont prêts à vendre leur stock d'urine, 5% sont indécis.
 - La majorité des enquêtés a approuvé la consommation et la commercialisation des produits traités par l'urine.

C'est seulement après avoir effectué plusieurs séances de sensibilisation théorique, mais aussi des tests sur le terrain que les villageois ont pu voir les résultats et ont accepté ce type de fertilisation.

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbügg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/reuse-and-recharge/hardware/reuse-urine-and-faeces-agriculture/urine-f> (à petite échelle) et <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/reuse-and-recharge/hardware/reuse-urine-and-faeces-agriculture/urine-0> (à grande échelle)
- (3)Derouich, S., Khiyati, M., Werner, C. (2014). Valorisation agricole des produits de l'assainissement écologique: Urines, fèces déshydratées et digestat - Guide pratique et résultats des expériences des jardins d'essai à Dayet Ifrah – Ifrane. Projet pilote d'assainissement écologique rural à Dayet Ifrah.
- (4)Richert, A., Gensch, R., Jönsson, H., Stenström, T., Dagerskog, L. (2011). Conseils pratiques pour une utilisation de l'urine en production agricole. Stockholm Environment Institute (SEI), Stockholm, Sweden, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1280>
- (5)WHO (2006). WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater - Volume IV: Excreta and greywater use in agriculture. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1004>
- (6)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>
- (7)Liste de documents (contient documents dans la partie 1b « aspects de

VALORISATION

27 Fertilisation par des fèces déshydratées ou compostées



Informations générales

Cette fiche traite de l'application de deux produits d'amendement des sols agricoles, similaires mais générés de deux manières différentes: (i) les matières fécales déshydratées après un stockage prolongé dans les TDSUs (toilette de déshydratation à séparation d'urine), et (ii) le compost qui résulte du co-compostage des déchets organiques et des matières fécales où les matières fécales peuvent provenir des résidus de TDSUs ou des boues de vidange des fosses septiques.

Autres noms: Application des fèces séchées

En anglais: Application of dehydrated faeces; application of compost

Commentaire:

Cette fiche d'information doit être lue en conjonction avec la fiche d'information sur « Chambre de déshydratation des matières fécales », parce que la TDSU (toilette de déshydratation à séparation d'urine) produit le type de matière fécale déshydraté qui est le sujet de cette fiche technique. En outre, la fiche d'information sur le « (Co-) Compostage » est aussi importante car elle contient l'information comment le compost est produit pendant le traitement de co-compostage

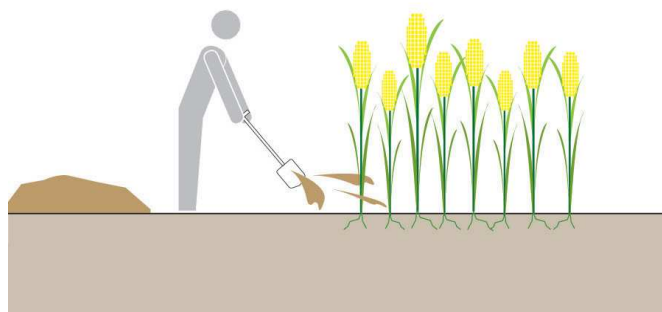


Figure 1: Le principe de la fertilisation par des fèces déshydratées ou compostées (source: Tilley et al., 2008).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé	■
Protection de l'environnement	■
Facilité de mise en œuvre	■
Robustesse de la technique	■
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	■
Coûts et bénéfices	■
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	■

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.

Principes de base

Les effets bénéfiques sur le sol sont plus importants pour le compost que celui des fèces déshydratées seules en raison de la plus grande teneur en matière organique et de l'humus dans le compost. La méthode d'application demeure toutefois similaire.



Figure 2: Fertilisation d'un champ par les fèces déshydratées à Dayet Ifrah, Maroc (source: S. Derouich, 2012).

Fertilisation par des fèces déshydratées:

- Quand les fèces sont stockées en l'absence d'humidité (c.-à-d. urine), elles déshydratent en un matériau friable et blanc-beige de consistance poudreuse ou friable. La déshydratation signifie que l'humidité naturellement présente dans les fèces s'évapore et/ou est absorbée par l'addition d'un matériau absorbant (par exemple cendres, sciure, chaux).
- La déshydratation est différente du compostage parce que la matière organique présente n'est pas dégradée ou transformée; seule l'humidité est enlevée.
- Après déshydratation, les fèces réduiront en volume d'environ 75%. Les coquilles et les carcasses des vers et des insectes qui déshydratent également demeureront dans les fèces déshydratées.
- Le degré d'inactivation des microbes pathogènes dépendra de la température, du pH (par exemple la chaux augmente le pH) et du temps de stockage.
- Les matières fécales sont valorisées en agriculture pour leur haute teneur en matière organique qui agit comme un excellent produit d'amendement organique des sols.
- La matière organique augmente en effet la capacité de rétention d'eau des sols sableux, et améliore leur pouvoir tampon lui permettant de s'opposer à l'acidification ou l'alcalinisation. La matière organique constitue aussi un substrat nutritif pour les microorganismes et la microflore du sol et améliore la structure de ce dernier.
- En outre, les matières fécales contiennent des quantités appréciables d'éléments nutritifs majeurs (azote,

potassium et phosphore) et d'autres oligo-éléments. Ces nutriments sont libérés de manière progressive selon le rythme de biodégradation par l'activité microbienne.

- Si la cendre est utilisée comme matériau de recouvrement dans la TDSU, elle peut aussi fournir une dose supplémentaire de potassium.
- Des fèces déshydratées ne sont pas aussi bien traitées ou aussi utiles que des fèces compostées.
- Cependant, elles sont utilisées pour améliorer la qualité physique et chimique des sols pauvres, assurant un faible risque de transmission des pathogènes.

Fertilisation par des fèces compostées:

- Le compostage peut produire un compost hygiénique, et bénéfique en tant qu'excellent produit d'amendement des sols surtout où les sols sont pauvres en matière organique comme c'est le cas du Maroc.
- Ainsi, le compost améliore les propriétés physiques du sol en ajoutant des nutriments et de la matière organique, et en améliorant la capacité de rétention de l'air et de l'eau du sol. Il peut fournir des éléments nutritifs aux plantes cultivées au cours du processus de minéralisation.
- La texture et la qualité du compost dépendent des matériaux qui ont été ajoutés aux excréta (particulièrement le type de sol).

Conditions d'application

- Cette technique peut être adoptée dans un contexte favorable aux activités agricoles et lorsque les TDSUs ou installations de co-compostage sont mises en place.

Options possibles de valorisation

Cette technique est totalement dédiée à la valorisation.

Temps de stockage requis	Pour les fèces déshydratées: <ul style="list-style-type: none"> • 1 an à des températures de plus de 20°C; • 1,5 à 2 années à des températures de 2 à 20°C
Coûts d'investissement	Non applicable (pas d'infrastructure)
Coûts d'exploitation	Non applicable
Durée de vie	Non applicable (pas d'infrastructure)

Conception et construction

Fertilisation par des fèces déshydratées:

- Le matériau peut être mélangé au sol pour l'agriculture ou à un autre emplacement (selon le choix).
- Des fèces déshydratées à des températures entre 2 et 20°C sont à stocker pendant 1,5 à 2 années avant utilisation locale ou généralisée.
- À des températures élevées (c.-à-d. plus de 20°C), le

stockage pendant un an est recommandé pour inactiver les œufs d'ascaris (ver parasite).

- Un temps de stockage court de 6 mois est possible si les fèces ont un pH supérieur à 9 (c.-à-d. la chaux augmentera le pH des fèces).
- Les fèces doivent être maintenues aussi sèches que possible. Si l'eau ou l'urine se mélangent avec les fèces déshydratées, le rajout des cendres, de chaux ou de la terre sèche aidera à absorber l'humidité.
- L'OMS a publié des directives en 2006 qui devraient être consultées avant d'utiliser les fèces déshydratées (voir la liste des références en dernière page).
- L'utilisation des matières fécales, à partir des TDSUs, comme source de matière organique pour les sols et d'éléments nutritifs pour les cultures, peut générer des risques sanitaires. Ainsi, cette utilisation doit être sécurisée en adoptant des barrières d'atténuation des risques en accord avec l'approche multi-barrières qui consiste notamment par exemple à la restriction des cultures, au respect de délai après récolte, au nettoyage des mains avec du savon, le lavage des produits agricoles.
- Les plus importantes règles pour une application sécuritaire des matières fécales sont succinctement décrites ci-après:
 - Les matières fécales traitées doivent être incorporées dans le sol et non épandues en surface. Ces matières doivent être à au moins 8 centimètres en dessous de la surface.
 - Les matières fécales ne doivent pas être appliquées sur des champs dans lesquels elles sont susceptibles d'être remises en surface par le travail du sol ou par l'érosion.
 - L'application des matières fécales traitées est plus sécurisée lorsqu'elle est adoptée pour l'arboriculture fruitière que dans le cas des cultures maraîchères et des cultures à tubercules. Le risque est moindre pour le cas des cultures industrielles, comme le café, le thé ou le coton.
- Si des matériaux non biodégradables, comme les serviettes hygiéniques, sont mis dans les matières fécales dans une TDSU, il est nécessaire de procéder à un tri et/ou tamisage avant leur réutilisation.

Fertilisation par des fèces compostées:

- Le compost peut être mélangé au sol avant que les cultures soient plantées. Il peut être utilisé ainsi pour les pépinières ou aussi pour des plantes d'intérieur de décoration. En cas de non-utilisation, le compost peut être mélangé à un autre compost produit, pour plus de traitement.
- Pour les sols pauvres, des parts égales de compost et de couches superficielles de terre ont montré une amélioration de la productivité.
- Le contenu d'une Fossa Alterna devrait être suffisant pour deux à trois planches de 1,5 m sur 3,5 m. Les jardins potagers amendés avec du compost à partir d'une toilette Fossa Alterna ont montré de fortes améliorations de rendement comparé aux jardins sans compost, et ont même rendu possible l'agriculture dans des zones qui autrement ne l'auraient pas été.



Figure 3: Les fèces déshydratées d'une TDSU en sacs à Ouagadougou, Burkina Faso (source: A. Kameni, 2010).



Figure 4: Les matières fécales déshydratées issues d'une TDSU au Malawi: une poignée de matières fécales déshydratées est placée dans le trou de semis (source: P. Morgan, 2003).

Entretien et maintenance

Non applicable.

Aspects sanitaires et environnementaux

Fertilisation par des fèces déshydratées:

- Les fèces sèches sont un environnement hostile pour les organismes, par conséquent, ils n'y survivent pas (pour longtemps).
- Si l'eau ou l'urine se mélangent aux fèces déshydratées, les odeurs et la prolifération des micro-organismes deviennent problématiques. Les fèces humides permettent en effet, aux bactéries de survivre et de se multiplier.

Fertilisation par des fèces compostées:

- Par opposition à la boue qui provient d'une variété de sources domestiques, chimiques et industrielles, le compost a très peu d'intrants en produits chimiques. Les seules sources chimiques pouvant contaminer le compost sont la matière organique contaminée (par exemple les pesticides) ou des produits chimiques qui sont excrétés par les humains (par exemple les médicaments).
- Comparé aux produits de lavage, pharmaceutiques et des

procédés qui peuvent réussir à pénétrer dans les boues, le compost peut être considéré comme un produit moins contaminé.

Acceptabilité

Fertilisation par des fèces déshydratées:

- Il est difficile d'approprier la population à utiliser des fèces bien qu'elles soient déshydratées. Il demeure en revanche possible de sensibiliser et d'informer la population sur les bienfaits de ce produit qui s'apparente au fumier et à la boue.
- L'appropriation des fèces déshydratées comme produit à valoriser nécessite du temps et un effort de communication. Les tests pilotes et de démonstration constituent un point clé pour généraliser son utilisation.

Fertilisation par des fèces compostées:

- Le compostage et l'utilisation du compost sont généralement des pratiques acceptables car le compost s'apparente à des produits d'amendements organiques conventionnels de par leur couleur de terre et leur odeur d'humus.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Cette technique permet la valorisation complète de la matière organique et les éléments nutritifs contenus dans les matières fécales. • Peut améliorer la fertilité chimique, la structure et la capacité de rétention d'eau par le sol. • Fournit une ressource de valeur qui peut améliorer la production agricole locale et la sécurité alimentaire; production d'éléments nutritifs utilisables comme engrais. • Technique simple pour tous les utilisateurs. • Faible coût. • Faible risque de transmission de microbes pathogènes. • Favorise la génération de revenus.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Un suivi régulier du système est nécessaire. • Des microbes pathogènes tels que les oocystes peuvent être contenus dans les fèces déshydratées sous forme dormante. Ils peuvent devenir néfastes si les fèces sont humidifiées.

Exemples au Maroc

Fertilisation par des fèces déshydratées:

- Quatre TDSUs (toilette de déshydratation à séparation d'urine) sont construites dans le village Dayet Ifrah dans le cadre du programme AGIRE.
- Les fèces produites sont collectées dans une chambre séparément des urines. Après chaque défécation, on ajoute un adjuvant (la cendre ou la terre sèche par exemple), afin de sécher les fèces, les traiter et diminuer les odeurs et la prolifération des mouches et des insectes.



Figure 5: Fertilisation d'un champ par les fèces déshydratées à Dayet Ifrah, Maroc (source: S. Derouich, 2012).



Figure 6: Comparaison du calibre de navets fertilisés avec des matières fécales déshydratées et l'urine at Dayet Ifrah, Maroc (source: S. Derouich, 2012).

- Les fèces déshydratées sont considérées comme fumure de fond et elles sont appliquées avant le semis ou la plantation.
- L'application et la couverture complète des fèces traitées avant le semis/la plantation est une barrière contre la transmission de maladies.
- Dans l'exemple du village Dayet Ifrah, on apporte une pelle remplie de fèces déshydratées par m².
- Pour faciliter l'application des fèces hygiénisées, il faut les concasser et adapter un récipient localement disponible à la dose de fèces par parcelle (en cas de l'épandage à la volée) ou un récipient localement disponible à la dose de fèces par poquet (en cas de l'épandage localisé).

Fertilisation par des fèces compostées ou compost sans fèces:

- Les travaux de recherche réalisés, notamment à l'IAV en fin des années 90, ont montré que le compost obtenu à partir des déchets ménagers organiques améliore la qualité des sols et les rendements des cultures.

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/reuse-and-recharge/hardware/reuse-urine-and-faeces-agriculture/use-deh>
- (3)Morgan, P. (2007). Latrines à compost. Des latrines hygiéniques à faible coût qui produisent du compost pour l'agriculture dans un contexte africain, EcoSanRes Programme. Stockholm Environment Institute, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/833>
- (4)Rieck, C., von Münch, E., Hoffmann, H. (2012). Technology review of urine-diverting dry toilets (UDDTs) - Overview on design, management, maintenance and costs. Deutsche Gesellschaft fuer Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Germany, <http://www.susana.org/>

[en/resources/library/details/874](http://www.susana.org/en/resources/library/details/874)

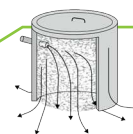
(5)Soudi, B. (2005). Le compostage des déchets de cultures sous serre et du fumier. MADRPM/DERD, Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1927>

(6)Soudi, B., Chrifi, H. (2007). Options de gestion des déchets solides municipaux adaptées aux contextes des Pays du Sud. Enda Maghreb, enda Tiers Monde, Morocco, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1928>

(7)WHO (2006). WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater - Volume IV: Excreta and greywater use in agriculture. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1004>

(8)Liste de documents (contient documents dans la partie 1b sur les aspects de la réutilisation des produits de l'assainissement): http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/2013-02-gt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf

(9)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>



Informations générales

Un puits d'infiltration est un trou creusé à même le sol. Son rôle est de favoriser l'infiltration lente des effluents qui y parviennent. Un puits d'infiltration peut être garni de sable, de gravier, de grosses pierres poreuses ou maintenu sans garniture. Les applications faites de cette technique varient selon le type d'effluent déversé. Chaque application repose sur des considérations spécifiques pour sa mise en œuvre.

L'utilisation la plus répandue consiste à recevoir une de cinq types d'eaux: i) des eaux usées prétraitées dans une fosse septique ou dans une unité similaire, ii) des eaux grises peu polluées, iii) des eaux de lavage anal, iv) des urines ou v) des eaux pluviales. Ce type d'infiltration peut être remplacé par d'autres techniques telles que la tranchée d'infiltration ou par le lit d'infiltration (voir fiche technique sur les « Tranchées ou lit d'infiltration »).

Autres noms: Trou d'infiltration, zone d'infiltration, puits perdu, puits perdant, appelé également puisard par extension (à noter: un puisard est une excavation située au niveau le plus bas d'une maison dont la fonction est de recueillir les eaux usées afin de pouvoir les évacuer par pompage ou manuellement)

En anglais: Soak pit, soak away, leach pit

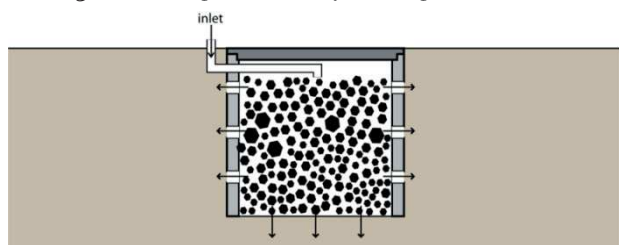


Figure 1: Schéma de la coupe d'un puits d'infiltration garni de gravier avec des murs latéraux poreux et un couvercle en béton (source: Tilley et al., 2008). Le puits peut aussi être construit sans murs latéraux ni couvercle et garni de différents matériaux.

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé ^a	<div></div>
Protection de l'environnement(a)	<div></div>
Facilité de mise en œuvre	<div></div>
Robustesse de la technique	<div></div>
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance ^b	<div></div>
Coûts et bénéfices	<div></div>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	<div></div>

: Point fort de l'équipement. : moyen. : faible.

^a Selon les différentes applications du puits d'infiltration : eau usée prétraitée, eau de nettoyage anal ou eau pluviale.

^b Peut avoir « trois plus » pour une exploitation normale, mais « un plus » en cas d'anomalies dues au colmatage ou à une difficulté de vidange.

Principes de base

- Les différentes applications du puits d'infiltration requièrent différents degrés de prétraitement d'où des risques de pollution des eaux souterraines qui varient en conséquence (voir tableau 1).
- Pour assurer une grande longévité du puits d'infiltration, il est recommandé que les eaux usées domestiques subissent d'abord un traitement primaire dans une fosse septique ou autre système de traitement équivalent ou supérieur. Pour les autres types d'eau indiqués dans le tableau 1, le traitement préalable n'est pas nécessaire.

Tableau 1: Prétraitement spécifique recommandé et niveau du risque de pollution des eaux souterraines.

Type de liquide à infiltrer	Pré-traitement requis	Appréciation du risque de pollution ^b des eaux souterraines pour une nappe peu profonde et un sol très filtrant
Eaux usées	Fosse septique ou équivalent(a)	Risque important par les nitrates, les pathogènes, les résidus hormonaux et pharmaceutiques
Eau de douches (eau grise); eau de lavage anal	Aucun	Risque faible à moyen
Urine(b)	Aucun	Risque important par les nitrates, les résidus hormonaux et pharmaceutiques
Eau pluviale(c)	Aucun	Risque nul

a: Un puits d'infiltration n'est pas conçu pour traiter les eaux usées brutes, car ces dernières risquent de le colmater rapidement et engendrer des risques importants de pollution du sol et de l'eau souterraine.

b: Faisable mais il est recommandé de l'utiliser plutôt comme fertilisant naturel en agriculture.

c: Méthode recommandée pour la recharge de la nappe.

- L'infiltration lente assure une élimination partielle des petites particules et des pathogènes par la matrice du sol. Le degré de cette élimination dépend notamment de la nature de la particule, du type de sol et de la profondeur des eaux souterraines. En même temps, une part de la matière organique résiduelle est digérée par les microorganismes fixés sur cette matrice.
- La construction du puits d'infiltration peut être faite avec ou sans murs de confinement munis d'orifices et avec ou sans un couvercle en béton. Il peut également être entouré de murs poreux qui font office de structure porteuse.
- Le puits d'infiltration peut être maintenu vide ou garni avec seulement du gravier ou avec du sable au fond et du gravier dans la partie supérieure. Outre le rôle de support physique de la biomasse épuratrice, les roches et le gravier empêchent l'effondrement des murs et assurent la filtration de l'eau.
- Il est recommandé d'avoir un puits séparé pour les eaux

pluviales et de ne pas mélanger ces dernières avec les eaux usées domestiques (voir le « Catalogue des bonnes pratiques de gestion des eaux pluviales en milieu rural et petites agglomérations » de GIZ-AGIRE).

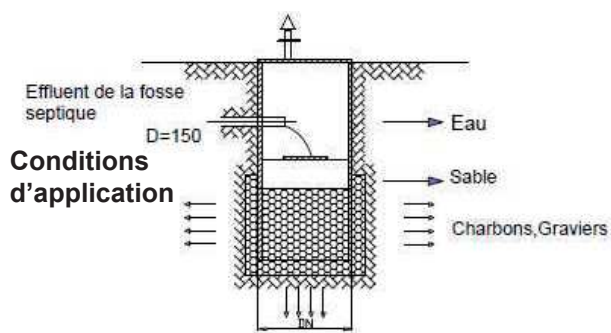


Figure 2: Détail d'un puits d'infiltration à section circulaire fait de briques ou de béton renforcé (source: Xanthoulis et al, 2008).

Conditions d'application

- Les puits d'infiltration ne doivent pas être utilisés dans les zones où les eaux souterraines sont vulnérables (sols à grande conductivité, niveau piézométrique faible, fortes précipitations) et qu'elles représentent une source d'eau potable.
- Les puits d'infiltration ne sont pas indiqués dans les secteurs enclins aux inondations ou qui ont des niveaux de la nappe faibles.
- Les puits d'infiltration sont adaptés aux sols ayant une bonne perméabilité; les sols argileux, très compacts ou rocheux représentent une contrainte.
- En général, il est recommandé de construire un puits d'infiltration par ménage et un puits par bloc de toilettes pour les écoles. Il est préférable de construire plusieurs petits plutôt qu'un seul grand puits d'infiltration étant donné que les petits puits sont plus faciles à gérer et à entretenir.
- Les lits d'infiltration sont plus indiqués que les puits d'infiltration pour les installations de grande taille.



Figure 3: A gauche: Puits d'infiltration pour les eaux de lavage anal d'une TDSU au centre d'éducation Darad dans le Ukunda communauté côtière, Kenya (source: S. Miethig, 2011). A droite: Puits d'infiltration circulaire pour eaux grises en construction au Mali (source: J. O'Keeffe, 2011).

Options possibles de valorisation

- Un puits d'infiltration utilisé uniquement pour les eaux pluviales peut contribuer à la recharge de la nappe, ce qui constitue une option de valorisation.
- La recharge pour un puits d'infiltration recevant d'autres effluents (eaux usées prétraitées, eaux grises etc.) est proscrite car la pollution résiduelle pourrait représenter une source de contamination. Dans ce cas, le puits

d'infiltration constitue une forme de rejet.

- Pour les eaux usées, la recharge ne peut constituer une voie de valorisation que si des traitements avancés sont adoptés en amont du puits d'infiltration.

Chiffres clés

Profondeur	<ul style="list-style-type: none"> Généralement entre 1,5 et 7 m pour les eaux usées domestiques prétraitées 0,20 à 0,40 m suffisent pour l'infiltration des eaux de lavage anal
Diamètre du puits	Valeur typique: 1,2 à 3 m
Distance de la source d'eau potable la plus proche	30 m est une valeur guide, mais une plus grande distance peut être requise dans des conditions hydrologiques contraignantes.
Coûts d'investissement	Pas de données disponibles
Coûts d'exploitation	Uniquement en cas de colmatage; le creusement d'un nouveau puits est alors souvent nécessaire
Durée de vie	10 à 15 ans

Conception et construction

- Les deux principaux éléments de conception sont le volume du puits et la surface de contact de l'eau avec le support de la biomasse du puits. Ils sont fonction du type d'eau usée, du débit traité, de la surface de contact et de la capacité d'infiltration du sol.
- La profondeur est généralement située entre 1,5 et 7 m pour les eaux usées domestiques prétraitées. Pour l'eau de nettoyage anal on peut recourir à une zone d'infiltration qui est moins profonde.
- Le puits d'infiltration peut être de section circulaire avec un diamètre allant de 1,2 à 3 m, fait de maçonnerie ou en béton.
- Le puits d'infiltration peut aussi être construit à partir de bouts de canalisation d'assainissement fabriqués en béton et disposée les uns sur les autres.
- Une couche de sable et de gravier fin peut être répandue au fond de la fosse pour aider à disperser l'écoulement. Les matériaux de garnissage sont disposés en allant des plus fins, placés au fond au plus grossiers placés en surface.
- Le bord du puits doit dépasser légèrement le niveau de terre naturelle. Ceci permet de le couvrir et de marquer son emplacement et d'éviter que de la terre, des déchets ou l'eau de ruissellement n'y pénètrent pendant la saison des pluies.
- En cas d'option pour un couvercle, celui-ci doit avoir une épaisseur de 0,10 m au minimum et doit reposer sur une bonne fondation en béton.
- Un test préalable de détermination de la perméabilité du sol doit être mené sur le site. Si la perméabilité du sol est très grande, l'eau usée pourrait atteindre la nappe sans qu'elle ait subi une épuration suffisante. Par contre, une

perméabilité très faible pourrait entraîner un colmatage et un débordement.

- La vitesse d'infiltration doit être située entre 10-6 m/s au minimum et $4 \cdot 10^{-3}$ m/s au maximum (Arrêté du Gouvernement Wallon, 2008).
- Le puits d'infiltration doit être placé loin des zones de circulation des véhicules pour éviter le compactage du sol.
- La construction d'un puits d'infiltration requiert une main d'œuvre ayant une compétence modérée.

Entretien et maintenance

- Un puits d'infiltration peut fonctionner de 3 à 10 ans sans maintenance s'il est correctement dimensionné. Selon le type de sol, on procède au remplacement ou au nettoyage du garnissage du puits d'infiltration ou au changement de son emplacement.
- Un puits d'infiltration doit être nettoyé ou déplacé quand ses performances se détériorent.
- L'enlèvement des matériaux de garnissage ou des boues du puits d'infiltration nécessite la prise des précautions importantes (gants, bottes) ou peut nécessiter l'intervention d'un vidangeur/se professionnel (Ile). Les boues ou eaux résiduelles enlevées doivent être traitées séparément par séchage ou par enfouissement.



Figure 4: Puits construit dans une maison traditionnelle en France (source: Maisons Traditionnelles MIKIT, 2009).

Aspects sanitaires et environnementaux

- Le puits d'infiltration est enterré ce qui évite le contact des personnes et des animaux avec l'effluent.
- Infiltrer l'eau usée prétraitée ou l'urine peut conduire à l'augmentation de la concentration des nitrates en même temps que le passage de résidus pharmaceutiques et hormonaux dans l'eau souterraine.
- En cas d'infiltration d'eau usée prétraitée, les pathogènes peuvent atteindre l'eau souterraine. Cependant, quand il s'agit de l'urine, le risque de transmission de maladie est négligeable à moins qu'il s'agisse d'une « contamination croisée », significative avec du matériel fécal.
- La décision d'opter ou non pour l'infiltration de l'eau usée prétraitée ou de l'urine doit être basée sur l'analyse

de la situation des ressources en eau potable dans le court et moyen termes.

- Au cas où l'eau souterraine constitue la seule source d'eau potable, une étude approfondie d'évaluation du risque sanitaire doit être menée pour déterminer l'impact de cette infiltration sur l'aquifère.
- Dans le cas où l'étude d'évaluation du risque n'est pas possible, les directives relatives à l'emplacement des latrines traditionnelles peuvent être retenues. Dans ce cas, le fond du puits d'infiltration doit être situé à une distance minimum au-dessus du niveau maximum de la nappe et au moins à 30 m de distance du puits d'eau potable le plus proche.

Acceptabilité

- Le puits d'infiltration est normalement inodore (s'il est exploité correctement) et invisible. Pour cette raison, il est bien accepté par les communautés.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Technique simple pour tous les utilisateurs/trices. • Construction et réparation possibles localement. • Coûts d'investissements et d'exploitation faibles. • Recharge de la nappe possible en cas d'infiltration des eaux pluviales.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Risque d'éboulement lors du creusement. • Colmatage inévitable à terme. • Difficulté de laver ou de remplacer le matériau de garnissage une fois que le colmatage a eu lieu. • Risques de pollution de la nappe phréatique (surtout dans l'application avec les urines ou les eaux usées). • Nécessite un espace de garde. • Absence de valorisation sauf pour les eaux pluviales (recharge de la nappe).

Exemples au Maroc

- Les puits d'infiltration sont utilisés depuis très longtemps au Maroc. Ils reçoivent en général les eaux usées brutes des toilettes à chasse d'eau. Ce qui réduit leur durée de vie et conduit à la pollution des eaux souterraines surtout dans les situations de sols sableux et de faible profondeur de la nappe. Par ailleurs, les colmatages sont fréquents, même si des grosses pierres sont utilisées comme garniture.
- Les nuisances occasionnées par ces puits sont très souvent constatées et dénoncées par les habitants notamment les puits d'eau potable pollués, le ruissellement sur la voie publique de puits remplis et colmatés. Souvent, à cause du remplissage d'un premier puits, l'habitant(e) décide de creuser un second hors portée de la dalle-plancher en béton d'où le danger d'effondrement.
- Deux exemples de projets récents utilisant la technique des puits d'infiltration sont brièvement décrits ci-dessous.
 - La première expérience a consisté à placer trois puits d'infiltration derrière une fosse septique collective dans la commune de Douirane, région de Chichaoua près de Marrakech.

- Le second, a consisté à placer deux puits d'infiltration derrière un traitement primaire (fosse septique) suivi d'un filtre vertical planté de roseaux dans la Commune de Dar Bouazza, région de Casablanca. Ces deux exemples sont détaillés dans la fiche technique sur le «Puits perdu».



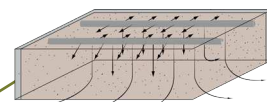
Figure 5: Puits d'infiltration pour l'eau de lavage anal d'une toilette TDSU à Dayet Ifrah, Maroc (source: M. E. Khiyati, 2009).

Bibliographie

- (1)Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrügg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2)SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/reuse-and-recharge/hardware/recharge-and-disposal/soak-pits>
- (3)Gouvernement Wallon (2008) Arrêté du Gouvernement wallon fixant les conditions intégrales relatives aux unités d'épuration individuelle et aux installations d'épuration individuelle, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2011>
- (4)Grela, M. R. (2004). Guide technique pour les systèmes d'assainissement autonome, Rapport provisoire – version 07. Royaume du Maroc Office National de l'Eau Potable (ONEP) et FAO, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1997>
- (5)Grela, R., Xanthoulis, D., Marcoen, J. M., Lemineur, M., Wauthelet, M. (2004). L'infiltration des eaux usées épurées, Guide Pratique. Projet financé par la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Belgium, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1998>
- (6)Naji, S. (1990). Guide pratique pour techniciens: Assainissement rural (in French) - Practical guide for technicians: rural sanitation. Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2003>
- (7)Xanthoulis, D. et al (2008). Les techniques d'épuration des eaux usées à faibles coûts. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgium; EU project on Development of Teaching and Training Modules for Higher Education on Low-Cost Wastewater Treatment, Contract VN/Asia-Link/012, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1725>
- (8)Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>

8. REJET

29 Tranchées et lit d'infiltration



Informations générales

La technique d'infiltration est souvent mise en œuvre pour éviter le contact de la population et des animaux avec les effluents primaires provenant d'une fosse septique, par exemple. Étant donné le degré de leur dangerosité sur le plan microbien, ces effluents ne doivent pas être rejetés directement dans des canaux ouverts ni stagner en surface pour éviter la prolifération des vecteurs des maladies hydriques.

La technique d'infiltration consiste à enfouir dans un lit ou dans une tranchée garnis de gravier un réseau de conduites perforées, en PVC, appelées « drains de dispersion ».

Le gravier est ajouté dans les lits d'infiltration pour servir de support à la biomasse épuratrice et pour fournir une porosité qui facilite l'aération du milieu lors du ressuyage. Au-delà du gravier, le sol assure une infiltration plus ou moins efficace en fonction de sa perméabilité. Les sols imperméables ne conviennent pas à cette technique.

La tranchée peut être remplacée par un puits d'infiltration, généralement garni de pierres poreuses pour servir de support à la biomasse. Ce puits doit être capable d'infiltrer l'eau en profondeur à condition que l'eau souterraine ne puisse pas être contaminée (voir fiche technique sur le « Puits d'infiltration »).

Autres noms: Drains de dispersion, filtration sur gravier

En anglais: Drainfield, leachfield, infiltration trenches, dispersal drains

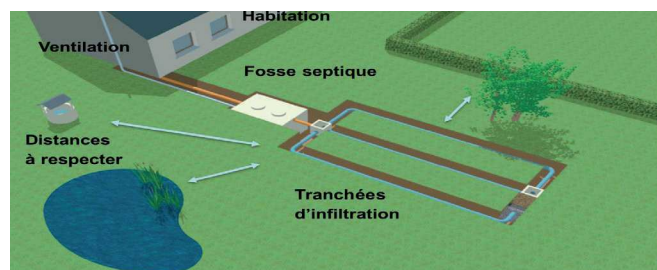


Figure 1: Schéma typique d'une installation comprenant une fosse septique suivie d'un réseau de tranchées d'infiltration, système non agréé (selon AIVE, Belgique, 2010).

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation
Protection de la santé(a)	■
Protection de l'environnement ^a	■
Facilité de mise en œuvre	■
Robustesse de la technique	■
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	■
Coûts et bénéfices	■
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	■

■ : Point fort de l'équipement. ■ : moyen. ■ : faible.

^a En comparaison avec l'absence d'un lit d'infiltration derrière une fosse septique.

Principes de base

- La mise en œuvre des tranchées et du lit d'infiltration a pour conséquence la perte d'une eau déjà mobilisée, d'où la recommandation que le recours à ces techniques ne doit être envisagée que dans les situations où l'opportunité d'une réutilisation n'est pas possible ou non autorisée.
- La garniture des lits et tranchées (gravier, plus sable éventuellement) sert de support à la biomasse qui assure un traitement secondaire de l'effluent.
- Lorsqu'il n'y a pas de possibilités de réutilisation des eaux pluviales, celles-ci peuvent être envoyées directement dans les drains de la tranchée.
- Les eaux à infiltrer passent en premier lieu dans une chambre de distribution qui les répartit dans les drains de dispersion parallèles. Cette chambre est munie d'un filtre (treillis fin, mousse synthétique) pour pouvoir piéger les objets grossiers qui peuvent accidentellement provenir du traitement primaire puis boucher les orifices des drains.



Figure 2: Tranchées d'infiltration en installation par Camps International au Cambodge (source: Arkitrek).



Figure 3: Exemple de lit d'infiltration garni de sable aux USA (source: NuMark Excavation & Land Clearing Inc.).

- Les eaux traitées s'écoulent par gravité depuis le système de traitement jusqu'au bout des drains. Une pente minimale de 1% est à respecter. Si les tranchées sont situées à une hauteur supérieure à celle de l'unité de traitement, un relevage par pompe est nécessaire.
- Le degré d'élimination des pathogènes varie notamment avec le type de sol, le débit appliqué, la profondeur de la garniture et le niveau de la nappe.

Conditions d'application

- Les techniques d'infiltration (exception faite pour les eaux pluviales) ne sont pas appropriées pour les zones:
 - d'habitat dense avec puits d'eau potable;
 - sujettes aux inondations;
 - ayant un sol argileux, très compacts ou rocheux;
 - où les eaux souterraines sont menacées de contamination (sols sableux à grande perméabilité, niveau piézométrique haut, fortes précipitations);
 - où les eaux souterraines sont la seule source d'eau potable.
- Les techniques d'infiltration exigent de grandes surfaces (milieu rural à densité de population faible) et un sol de bonne perméabilité pour une dispersion efficace des eaux.
- Quand la nature du sol n'est pas très favorable pour permettre une bonne infiltration, du sable ou du gravier importé peut être utilisé pour la confection d'une tranchée d'infiltration artificielle.
- Une distance minimale de 35 m est nécessaire entre le lit d'infiltration et le point d'eau le plus proche pour limiter la contamination chimique et biologique.
- En général, on recommande un lit d'infiltration par ménage, et un lit par bloc de toilettes pour les écoles.
- Pour les systèmes de petite taille, les puits d'infiltration sont plus indiqués que les lits et les tranchées d'infiltration (voir fiche technique sur les « Puits d'infiltration »).

Options possibles de valorisation

- Les techniques d'infiltration ne sont pas recommandables quand la possibilité ou la volonté de réutilisation existe car les eaux infiltrées sont perdues dans le sol.
- Certains types de végétaux peuvent être plantés à côté des champs infiltration pour valoriser l'eau et les nutriments à condition toutefois que les racines de ces végétaux ne puissent pas endommager les drains de dispersion.

Chiffres clés

Dimensions des tranchées	<ul style="list-style-type: none"> Profondeur: 0,75 à 1,5 m Largeur: 0,6 m Les tranchées doivent avoir une longueur de moins de 30 m et un espacement de 2 m. Il faut prévoir 2,5 m²/EH (sol à bonne perméabilité); 12 m²/EH (sol limoneux).
Dimensions de lit	<ul style="list-style-type: none"> La profondeur est de 0,60 m et la largeur de plusieurs mètres. Une superficie de 6,5 m²/EH au minimum et un rapport longueur/largeur de 3
Diamètre des conduites perforées	<ul style="list-style-type: none"> Minimum 100 mm Pour les perforations: il est préférable de pratiquer à l'aide d'une meule des fentes de 5 mm x 0,10 m espacées de 0,10 m dans les conduites en PVC.
Profondeur d'enfouissement des conduites	La conduite doit être placée à 0,15 m de la surface du sol pour éviter que l'effluent ne s'écoule en surface.
Hauteur de la couche de gravier	Le fond de chaque tranchée est rempli de gravier propre (de 20 à 50 mm de diamètre). Une autre couche de graviers est disposée sur les tuyaux perforés.
Coûts d'investissement	Selon le prix du terrain, de la main d'œuvre et des matériaux comme le gravier ou de sable.
Coûts d'exploitation	Dépannage en cas de colmatage et curage périodique de la chambre de distribution
Durée de vie	10 à 20 ans

Conception et construction

- Les principaux critères de conception sont les volumes d'eaux rejetés, la surface disponible et la capacité d'infiltration du sol.
- Caractéristiques des tranchées d'infiltration:
 - La profondeur doit être de 0,75 à 1,5 m et la largeur de 0,6 m. Elles doivent être distantes de 2 m au minimum.
 - Le fond de la tranchée est rempli d'environ 0,5 m de gravier propre, posés en dessous de la conduite perforée (drain de dispersion).
 - Le drain est entouré de gravier, dont au min. 10 cm sur le dessus.
 - La couche de gravier supérieure est couverte d'une couche de tissu géotextile pour empêcher les petites particules de colmater la conduite.
 - Une couche finale de sable et/ou de terre végétale couvre le géotextile et remplit la tranchée jusqu'au niveau du sol.
 - La conduite doit être placée à plus de 0,15 m de la surface du sol pour éviter que les eaux ne puissent s'écouler en surface.
 - Les tranchées doivent avoir une longueur inférieure à 30 m.

- Caractéristiques du lit d'infiltration:
 - Il est conçu de la même façon que les tranchées mais il est constitué d'un seul lit de gravier de 0,60 m de profondeur et de plusieurs mètres de large et de long.
 - Le lit d'infiltration est conseillé pour les sols sableux où il est pratiquement difficile de creuser des tranchées et pour augmenter l'infiltration dans des sols peu perméables.
- Les eaux usées sont infiltrées via:
 - une chambre de distribution entre les différentes tranchées;
 - des tuyaux perforés de diamètre min. 100 mm enterrés à 15 cm de surface et posés sur une couche de 0,5 m de graviers de diamètre 20 à 50 mm.
- Les systèmes d'infiltration doivent être éloignés des arbres et des plantes profondément enracinées parce qu'ils peuvent détériorer les drains de dispersion.
- La conception et la construction d'un système d'infiltration nécessite le recours à des personnes expérimentées.
- A plus grande échelle, des filtres à sables à écoulement vertical munis de siphon doseurs peuvent être mis en œuvre (voir fiche technique sur « Filtre à sable »). L'effluent traité est alors récupéré à l'aide de drains et réutilisé pour l'irrigation.

Entretien et maintenance

- L'utilisateur/trice du lit d'infiltration doit connaître et comprendre son fonctionnement d'où sa responsabilité en matière d'entretien et de maintenance.
- Un système d'infiltration finit toujours par se colmater avec le temps, mais le recours à une technique fiable de traitement primaire, permet une grande longévité.
- La chambre de distribution, en particulier son système de filtration, nécessite un entretien tous les mois au minimum (curage des inertes et boues, rinçage du filtre). Si les drains sont colmatés ou fonctionnent mal, il faut les enlever, en nettoyer tous les composants et les graviers et les remettre en place.

Aspects sanitaires et environnementaux

- Les utilisateurs/trices n'entreront pas en contact avec les eaux usées, ce qui réduit fortement les risques sanitaires. Le nettoyage de la chambre de distribution nécessite cependant des précautions importantes (gants, masque).
- Le système d'infiltration doit être éloigné autant que possible de toute source d'eau potable potentielle afin d'éviter sa contamination.

Acceptabilité

- Cette technique est généralement bien acceptée par les utilisateurs/trices parce qu'elle n'exige pas une importante maintenance et parce qu'elle ne produit pas de nuisances visuelle ou olfactive sauf en cas de

colmatage du sol ou de bouchage des drains.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Peut être utilisé pour le traitement combiné des eaux vannes et des eaux grises. • A une durée de vie de 10 à 20 années selon les conditions. • Faible coût d'investissement et d'exploitation.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Exige une grande superficie (par équivalent habitant). • Colmatages inévitables à terme et risques de pollution de la nappe phréatique (particulièrement si le système de traitement à l'amont est peu performant). • Peut affecter négativement les propriétés du sol. • Absence de valorisation sauf peut-être la recharge de la nappe.

Exemples au Maroc

Nous n'avons pas de données ni d'information qu'une telle technique ait fait l'objet d'une réalisation au Maroc.

Bibliographie

- (1) Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1156>
- (2) SSWM (2013). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/reuse-and-recharge/hardware/recharge-and-disposal/leach-fields>
- (3) AIVE (2010). Infiltration des eaux usées épurées par drains de dispersion. AIVE, Aide aux communes, Arlon, Belgium, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2011>
- (4) Grela, R., Xanthoulis, D., Marcoen, J. M., Lemineur, M., Wauthelet, M. (2004). L'infiltration des eaux usées épurées, Guide Pratique. Projet financé par la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Belgium, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1998>
- (5) Grela, M. R. (2004). Guide technique pour les systèmes d'assainissement autonome, Rapport provisoire – version 07. Royaume du Maroc Office National de l'Eau Potable (ONEP) et FAO, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1997>
- (6) Tanji, R. (2009). Evaluation d'une expérience d'assainissement/épuration décentralisé destinée aux centres périurbains de Casablanca: Cas du projet de Douar Rmel, Mémoire de troisième cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Royaume du Maroc, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2026>
- (7) Base de données photographique de SuSanA, <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/collections/>

DURABLE

ASSAINISSEMENT

TOOLBOX

CATALOGUE DES TECHNIQUES OUTILS
D'AIDE A LA DECISION



PARTIE 3: OUTILS D'AIDE A LA DECISION ET SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT RURAL



3. Critères de choix et outils d'aide à la décision

3.1 Introduction au processus de prise de décision

La décision la plus importante, lors de la planification d'un projet d'assainissement, est évidemment le choix judicieux de la technique ou de la filière des techniques (système) d'assainissement à utiliser. L'adoption d'un système inapproprié, risque en effet, d'entraîner un gaspillage des ressources. L'échec d'un projet d'assainissement liquide peut, par surcroît aggraver le risque sanitaire en dégradant davantage les conditions d'hygiène et de santé dans un douar.

La démarche proposée consiste à recourir à une série de critères d'analyse qui permettent de sélectionner des techniques d'assainissement adaptées aux conditions locales. Le processus de sélection peut aboutir à plusieurs systèmes. Ceux-ci pourront être discutés avec les usagers/(ères) afin de se décider sur la solution la plus convenable selon leurs moyens financiers et/ou leurs préférences. Le choix impliquera aussi l'intégration des considérations techniques, sanitaires et environnementales

Lors de cette décision, une attention particulière doit être accordée aux techniques dont la gestion et la maintenance incombent aux usagers, pour assurer la pérennité et la durabilité du fonctionnement des ouvrages.

3.2 Agencement d'un système d'assainissement efficace et cohérent

Un système d'assainissement est efficace lorsqu'il assure le traitement des eaux usées depuis le point de leur génération jusqu'à la réutilisation ou le rejet, en prenant en compte les considérations locales, l'avis et le choix des usagers/(ères), la densité de la population dans le douar, le contexte et les pratiques locales.

Ainsi, les techniques à choisir doivent composer avec l'approche systémique pour former un système d'assainissement complet et cohérent. Lors de la planification, le choix des techniques visera celles qui permettraient d'assurer un fonctionnement complet et atteindre les objectifs escomptés par le système.

Parmi les nombreux critères qui permettent d'identifier les techniques adaptées, sont cités, le mode d'alimentation en eau, la nature du sol, le niveau piézométrique de la nappe phréatique, l'emprise foncière mise à disposition du projet, la densité de la population, l'accessibilité et l'état de la voirie et les possibilités/ou les options de valorisation des effluents.

Ces facteurs peuvent être groupés en deux principales catégories de critères. Certains de ces critères auront, en effet, plus

d'importance dans le choix des techniques comme le type de sol et la profondeur de la nappe d'eau qui pourront par exemple exclure le recours à l'infiltration en cas de sol imperméable ou de nappe trop proche du terrain naturel. D'autres critères, seront, quant à eux, plus pertinents lors du choix et de l'agencement du système. (Letema et al., 2012).

3.3 Critères de sélection des techniques

La première étape de la démarche consiste en un processus de mise à l'écart des techniques qui ne peuvent pas être applicables en raison de contraintes techniques structurelles caractérisant le site du projet.

Certaines techniques seraient ainsi éliminées dès ce stade, et le choix se limitera aux techniques viables sur le plan technique (et physique) et propices à assurer un état sanitaire et environnemental convenable des usagers/(ères).

Le processus devra également prendre en considération l'avis et les préférences des usagers/(ères) pour s'assurer de la pérennité et la durabilité des ouvrages en termes de maintenance et d'entretien. En effet, il est évident que la mise en œuvre d'ouvrages inadéquats aux pratiques et aux mœurs des usagers/(ères), et dont les charges d'exploitation et d'entretien dépassent leurs capacités techniques et financières, mènerait inexorablement vers un échec et une aggravation de la situation sanitaire.



C'est à partir de ce stade, que les techniques retenues seraient comparées selon leur performance. Des combinaisons entre les techniques seraient alors étudiées et conçues en vue de proposer le système d'assainissement le plus fiable et le plus approprié. Parmi les points clés auxquels, doit répondre le système sont :

- L'élimination des risques d'exposition aux agents pathogènes (en amont et en aval de la chaîne)



- L'optimisation de l'utilisation des ressources naturelles (notamment l'espace et les terrains occupés, l'énergie, ou la consommation d'eau), avec options de récupération et de valorisation des effluents traités

Remarque

La composante environnementale est également un facteur de choix et de décision assez prépondérant, quand il s'agit de minimiser les risques d'impact liés aux nuisances sonores, odeur, pollution des sols, des eaux superficielles ou souterraines, et atténuer l'impact paysager ou esthétique d'un site

3.3.1 Critère 1 : mode d'approvisionnement en eau potable

Le mode d'approvisionnement en eau est l'un des critères les plus importants dans le choix des techniques d'assainissement.

Deux modes d'approvisionnement en eau, caractérisent le milieu rural marocain :

- Le branchement individuel (BI), où le ménage possède un ou plusieurs robinets à domicile. La dotation en eau dans ce cas est estimée entre 40 et 50 l/habitant/jour.
- La borne fontaine (BF) ou une fontaine publique (ou un robinet) qui se trouve à l'extérieur des habitations et est partagée par plusieurs ménages : Dans ce cas la dotation en eau est estimée entre 10 et 25 l/habitant/jour.

Par rapport à ce critère, il faut départager entre les techniques « humides » et « sèches ». Les premières nécessitent, en effet, un apport suffisant en eau pour fonctionner convenablement.



Remarque

L'appréciation du planificateur(trice) doit prendre en considération, aussi, si une mise à niveau du mode d'approvisionnement en eau du douar concerné est envisageable dans le futur pour adopter le choix de la technique (passage d'un mode d'alimentation en BF au BI),

Au-delà des aspects liés au mode d'approvisionnement en eau (qui statue sur la consommation en eau), l'analyse de ce

critère est à pousser aux options offertes à l'utilisateur pour s'approvisionner en eau.

La distance séparant l'utilisateur du point d'approvisionnement en eau, quand il s'agit d'un mode d'alimentation en BF, constitue à cet égard, un indicateur tangible pour se prononcer sur une continuité d'apport d'eau à la technique ou non. Des longues distances d'approvisionnement en eau constituent en effet, un handicap, limitant les apports d'eau dans la technique d'assainissement.

Dans ce sens, il est recommandé dans ce guide d'exclure les techniques nécessitant des quantités considérables d'eau pour leur fonctionnement (comme le digesteur classique), si la distance séparant l'utilisateur du point d'approvisionnement en eau dépasse 50m.

Remarque

L'assainissement en milieu rural est étroitement lié au mode d'alimentation en eau potable. En effet, le branchement individuel (BI) et les facilités d'accès à l'eau potable induisent à l'augmentation de la production des eaux usées, à la pollution et aux risques sanitaires qui en découlent. Par conséquent, le mode d'approvisionnement en eau potable est à la base du choix des techniques appropriées pour l'interface utilisateur. Par exemple, lorsque l'approvisionnement en eau se fait par transport manuel, la technique d'assainissement choisie devrait fonctionner sans eau.

3.3.2 Critère 2 : l'espace disponible

L'emprise disponible est un facteur limitant dans certains cas. Les solutions d'assainissement décentralisées sont, par exemple, inadaptées si la superficie offerte est insuffisante. Elles nécessitent en effet, de l'espace aussi bien pour les installations de stockage d'excréta et des eaux grises (eaux de douche, de cuisine et de lessive) que pour celles prévues pour traiter et évacuer l'effluent qui sort du traitement primaire.

A titre d'exemple, une superficie de 3 m² est exigée si l'installation de stockage d'excréta est une fosse septique (voir fiche 4) et de 2 m² s'il s'agit d'une latrine simple (voir fiche 5).



Rappel



Le dimensionnement des installations de traitement et d'évacuation (et donc l'appréciation de l'espace nécessaire) dépendent des consommations en eau par équivalent-habitat et du nombre des usagers raccordés au système.

Il ne faut pas perdre de vue par ailleurs, lors de la planification, la technique ou les conditions intervenant en aval. Dans ce sens, le critère de l'espace disponible intervient aussi pour la mise en place des sites de traitement des boues de vidange du traitement primaire. A titre informatif, la surface minimale requise à l'installation d'un système de traitement décentralisé est de 5 m² par équivalent habitant.

3.3.3 Critère 3 : densité de la population et taille des douars

Il est possible d'estimer la population et la densité de l'habitat à partir de vues aériennes, de données de recensements officiels, ou d'enquêtes socio-économiques. Il est également important de prévoir l'évolution future de la population.



3.3.4 Critère 4 : nature du sol et niveau piézométrique de la nappe d'eau

La nature du sol et la proximité d'eau souterraine sont susceptibles de limiter la profondeur de l'excavation et/ou présenter un risque de contamination de la nappe d'eau. C'est pourquoi il est important d'étudier la nature du sol et le niveau piézométrique de la nappe d'eau conjointement. A cet effet, la nature du sol ainsi que le niveau piézométrique de la nappe d'eau sont des indicateurs très utiles pour décider du système d'assainissement qu'il faut proposer pour une localité donnée.

Rappel

Analyse de la faisabilité selon la perméabilité du sol ou sa capacité d'infiltration

La capacité d'épuration des sols pulvérulents est communément réputée importante. En effet, des phénomènes tels que la filtration et l'activité microbienne se manifestent lors de l'infiltration des eaux usées et permettent la diminution de la concentration en agents pathogènes. Cette capacité d'épuration est toutefois conditionnée par la porosité et le coefficient de perméabilité du sol, et risque d'être inefficace lorsqu'il s'agit de terrains très perméables (comme des sables grossiers à coefficient de perméabilité élevé $K > 10^{-4}$ m/s). Pour des sols particulièrement étanches ou à perméabilité très faible (tels que les argiles dont la conductivité hydraulique ne dépasse pas 10⁻⁶ m/s), le risque d'une mauvaise infiltration voir même de stagnation des eaux usées est possible. Ce risque est prévisible aussi quand le substratum est rocheux. Dans ce dernier cas, la mise en œuvre d'excavations profondes est aussi compliquée.

En somme, à retenir que si la conductivité hydraulique (K) se situe entre 10⁻⁶ et 10⁻⁴ m/s et si la profondeur de la nappe est suffisante, des techniques basées sur l'infiltration-épuration des eaux usées dans le sol peuvent être acceptées après pré-traitement ou traitement primaire ou secondaire (Barraud, S. & al. 2006).

Niveau de la nappe

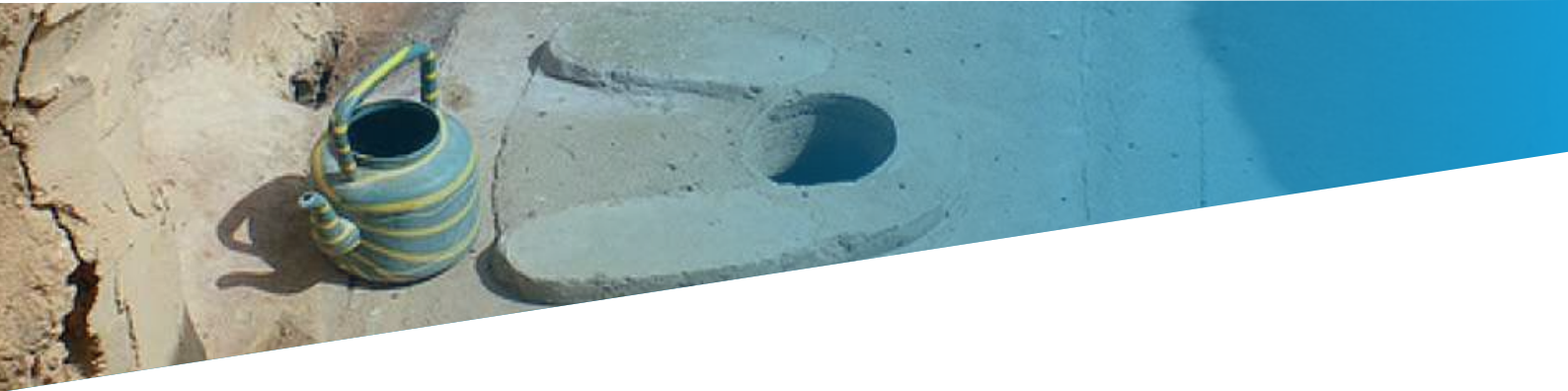
Lorsque le niveau piézométrique de la nappe d'eau est à moins de 2 m du sol, la solution de l'infiltration des eaux usées non traitées est à exclure.

3.3.5 Critère 5 : vidange / Transport

3.3.5.1 Accessibilité et état de la voirie

Les boues accumulées dans les installations de stockage d'excreta devront à terme subir une vidange. Lorsque les accès au site de la technique sont carrossables, la vidange des boues peut se faire en utilisant des véhicules motorisés. Dans le cas contraire, lorsque les ruelles sont étroites et/ou non carrossables, la vidange semi-mécanique (ou quelques fois manuelle) qui n'exige pas de gros engins est recommandée.





Important

La vidange manuelle comporte, des risques sanitaires élevés et n'est pas donc considérée comme une technique recommandée. Elle ne peut être utilisée que sous certaines conditions notamment en cas de boues stabilisées (digesteur, TDSU).

3.3.5.2 Distance du site de stockage ou de traitement des boues



Ce critère fait référence à la distance entre le site de stockage des boues de vidange et l'ouvrage à vidanger.

Si la distance est élevée ($> 500\text{m}$), il faudrait plutôt adopter la vidange mécanique utilisant un camion vidangeur ou prévoir un site de transfert de boues à partir duquel un camion vidangeur pourra charger et acheminer les boues vers le site de traitement final.

Les sites de transfert permettent aussi la vidange de plusieurs fosses et d'éviter les dépotages clandestins (Klingel, F& al, 2002).

3.3.6 Critère 6 : nature des effluents et possibilités locales pour la valorisation des sous-produits

Contrairement à l'équipement sanitaire et au prétraitement individuel, où la gestion concerne l'utilisateur direct(e), la gestion des boues de vidanges est à prévoir à l'échelle d'une collectivité locale publique ou privée (Commune Rurale, Association professionnelle, opérateur tel que l'ONEE Branche Eau, ou délégataire privé ...). La gestion des boues peut s'orienter vers un traitement conventionnel (compostage, séchage par exemple) qui consiste à réduire leur caractère pathogène et polluant avant d'être rejetées dans le milieu naturel ou vers une voie de valorisation.

Les boues de vidange sont des produits très hétérogènes qui

contiennent des quantités non négligeables en nutriments, en matière organique, en composés biodégradables et en bactéries. Leur valorisation doit tenir compte de leurs composants biodégradables, mais également des options d'utilisation éventuelles. Ainsi et s'il s'agit d'une valorisation énergétique, il faut en prévoir les possibilités d'utilisation de l'énergie et l'entretien des ouvrages. S'il s'agit d'une valorisation agricole, la disponibilité d'un souk local pour les écouler, ou d'un site agricole accueillant est nécessaire.



Les critères à prendre en considération pour le choix de l'une ou de l'autre technique de traitement se rapportent aux besoins en fertilisants et en énergie, la surface disponible et les autres possibilités de valorisation des boues (co-compostage par exemple). Dans tous les cas, la préservation du milieu naturel tout en répondant aux exigences de la santé publique demeure l'objectif primordial.

3.3.7 Critère 7 : climat

Avoir une bonne connaissance du climat (pluviométrie et température) est très utile lors du choix de la technique de traitement et de son dimensionnement. La plantation de biomasse permet, par exemple, de prendre en charge le traitement des eaux usées tout en palliant le déficit hydrique en zone aride.





Dans ce contexte, les eaux usées traitées par les filtres à sable peuvent être utilisées en agriculture pour l'irrigation ou même pour la recharge de la nappe. Ces techniques peuvent être avantageuses dans les zones arides où l'eau est rare. En revanche, pour le développement de processus tel que le compostage (nécessitant des taux d'humidité élevées), l'aridité est plutôt un facteur limitant. Elle l'est autant pour le lagunage ou le filtre planté, où l'évapotranspiration importante (fortes températures) cause des pertes considérables de l'eau et compromet à cet effet les possibilités de réutilisation.

La température intervient également comme un facteur prépondérant dans le dimensionnement des techniques de traitement. Des températures basses impliquent souvent une augmentation du volume des installations ou nécessitent de prendre des précautions supplémentaires.

Par exemple, en zone froide, la taille des digesteurs doit être augmentée. Ils doivent être munis aussi d'une isolation thermique pour éviter des perturbations de leur fonctionnement, dues aux fortes variations de températures.

3.3.8 Critère 8 : facteurs socio-économiques

La structure des ménages, leurs tailles et leurs compositions ainsi que leurs statuts socio-économiques doivent être soigneusement étudiés lors de la phase de la planification.

Au-delà, de son rôle et sa participation dans les aspects techniques, notamment le dimensionnement des installations, le nombre et le statut socio-économique des usagers peut bloquer le recours à certaines techniques. Un travail de sensibilisation important peut être nécessaire, en amont. Avant d'opter pour une technique, il faut s'assurer, aussi que les usagers ont les capacités financières et techniques suffisantes pour son acquisition et son entretien sur le long terme. Il est également nécessaire que les rôles et les responsabilités soient clairement définis, concertés, partagés et planifiés.

3.4 Arbre décisionnel

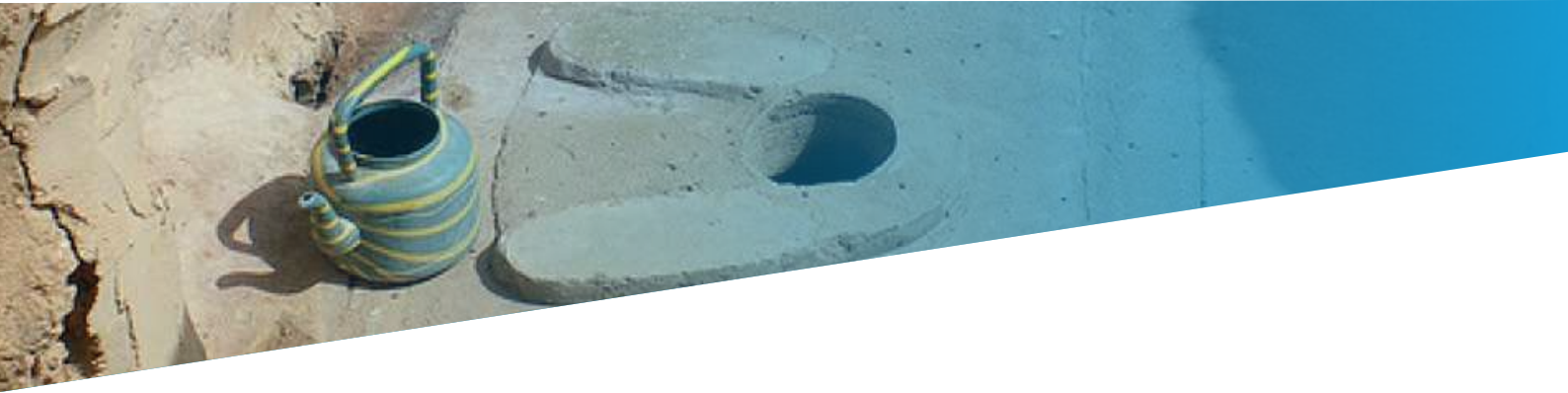
Afin d'éviter une trop grande complexité, le guide propose un arbre décisionnel simplifié qui ne contient que les quatre critères suivants : le mode d'alimentation en eau (critère 1), l'espace disponible (critère 2), la nature du sol et le niveau piézométrique de la nappe d'eau (critère 4), les types et les options locales de valorisation des effluents (critère 6).

Ces facteurs sont considérés, en effet, comme des « variables limitantes ». Ils permettent d'éliminer les techniques qui ne peuvent pas être adoptées en raison des conditions physiques/naturelles qui caractérisent la zone du projet.

Les autres critères qui ne figurent pas dans l'arbre décisionnel, sont plutôt des variables d'influences. Ils concernent le dimensionnement, l'efficacité ou l'appréciation des techniques par les usagers(ères).

L'arbre décisionnel se présente donc, sous la forme d'une série de critères, disposés en deux (02) niveaux. Le planificateur (trice) et/ou l'usager (ère) peut évoluer sur ces deux niveaux de critères en choisissant la voie la plus vraisemblable aux conditions du projet, pour aboutir au groupe des systèmes d'assainissement qui lui correspond. Le résultat final consiste ainsi à un groupe formé d'une liste ou options d'assainissement potentiellement réalisables.





Le processus de mise en œuvre de l'arbre décisionnel est présenté ci-après.

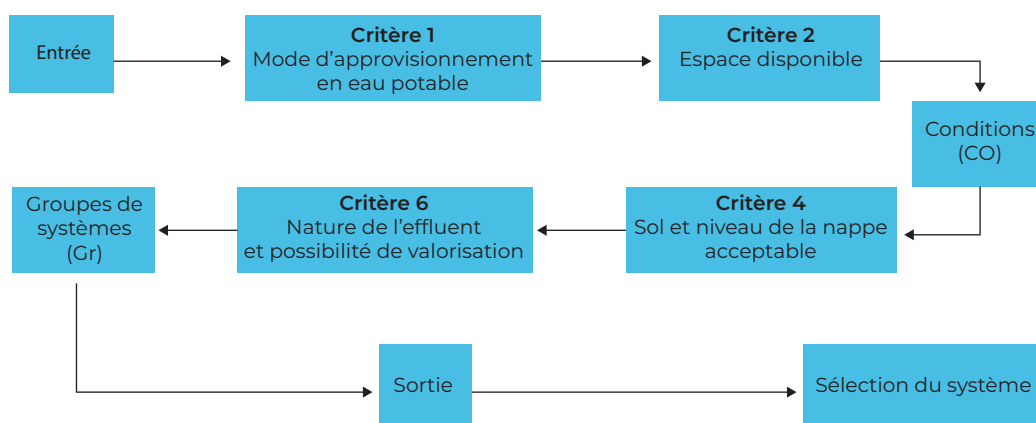


Figure 5: Schéma général du processus de sélection

3.4.1 Premier niveau des critères

Cette première étape permet de procéder à un premier tri en fonction du mode d'approvisionnement en eau potable (critère 1) et de l'espace disponible (critère 2). La compilation de ces deux critères aboutit à cinq (05) situations ou conditions (Co1, Co2, Co3, Co4 et Co5).

Par exemple, Co2 (la condition 2) correspond à un site raccordé au réseau de distribution d'eau potable et disposant de plus de 5 m² d'espace par équivalent habitant.

Pour le critère relatif au mode d'approvisionnement en eau, l'analyse doit être poussée au-delà de la consommation moyenne en eau, pour se prononcer sur les difficultés liées à l'approvisionnement comme la distance entre le site et le point d'eau. Ainsi, trois modes d'approvisionnement en eau sont retenus. Ils sont décrits dans le schéma conceptuel ci-dessous.

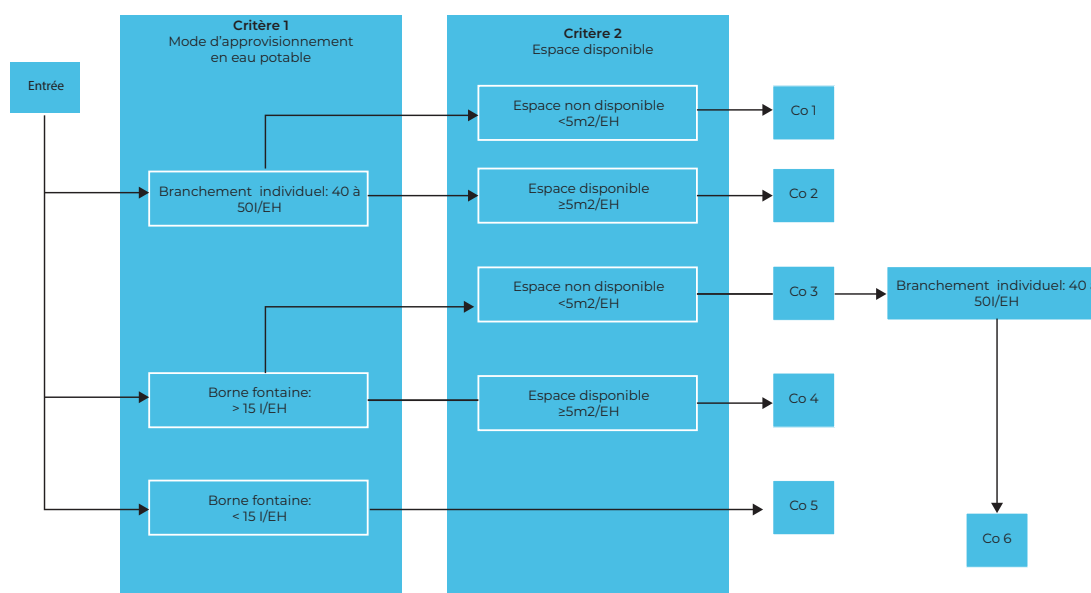


Figure 6: Premier réseau de critères



3.4.2 Deuxième niveau des critères

Le deuxième niveau du critères concerne la nature du sol, les risques de contamination de la nappe soit le niveau piézométrique (critère 4) ainsi que sur le type d'effluent et les possibilités de sa valorisation. Pour ce dernier critère, l'analyse doit être poussée vers l'évaluation des possibilités effectives de valorisation de l'effluent (critère 6). A l'issu de cette étape, sont déduits des groupes de systèmes d'assainissement (Gr1 jusqu'à Gr8*) compatibles avec les conditions du projet. Retenons que chaque groupe comporte un à plusieurs systèmes d'assainissement.

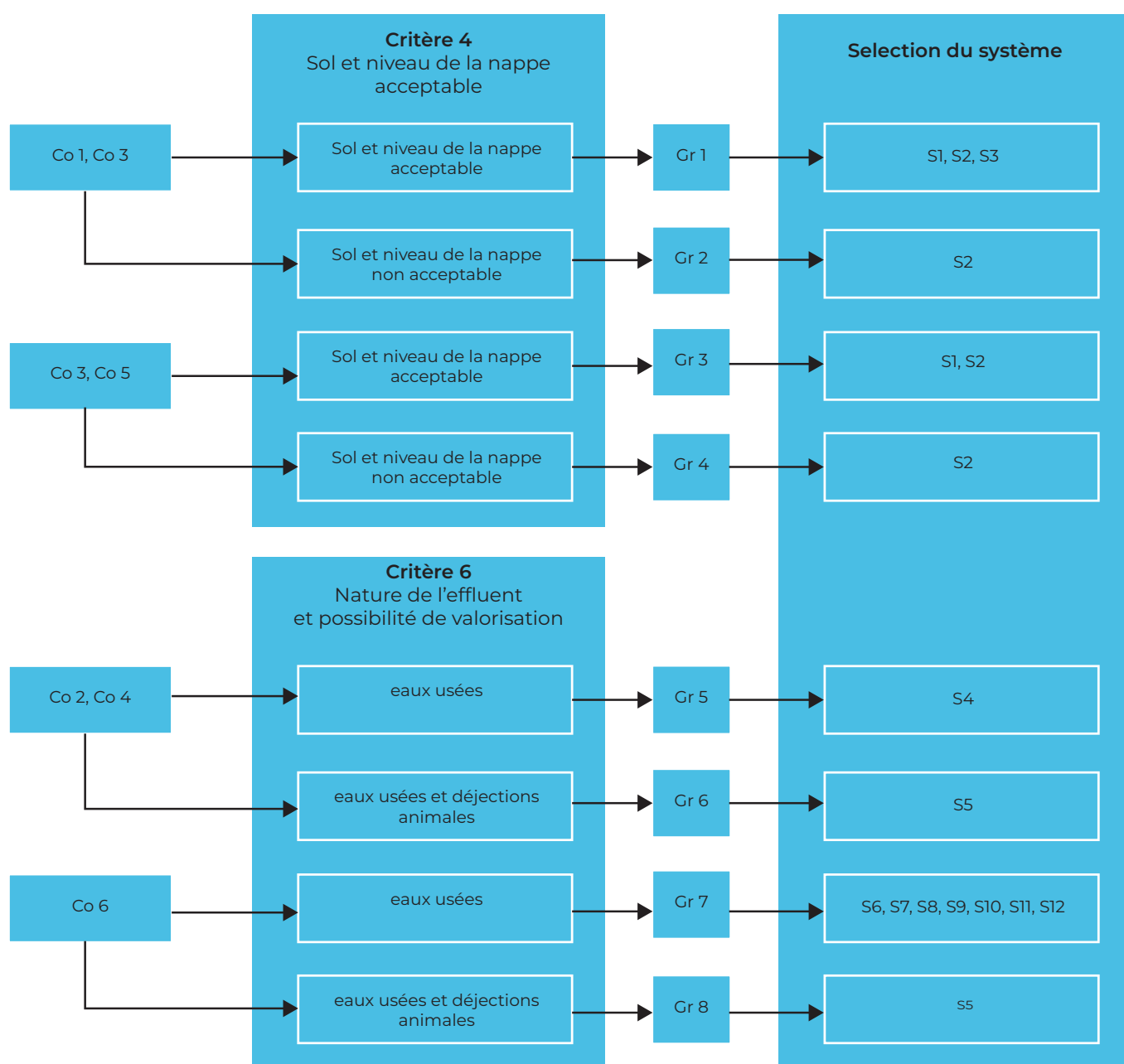


Figure 7: Deuxième réseau de critères



Exemple :

Si l'application de l'arbre décisionnel aboutit au groupe de système (Gr6) cela sous-entend : une exploitation agricole avec effluent d'élevage, dont l'approvisionnement en eau est suffisant pour faire fonctionner les différentes techniques. L'espace est également suffisant pour les installations nécessaires à l'assainissement autonome.

Il faut ensuite se référer aux systèmes recommandés pour un groupe de système donné.

Pour le groupe Gr6, il s'agira du système 5 (digesteur classique sur site). Il s'agit donc de la technique la plus adaptée sur le plan technique.

A partir de là, le planificateur examinera avec l'utilisateur, si ce choix technique correspond à ses préférences et s'il dispose des capacités financières pour sa gestion.

NB :

A noter qu'un travail soutenu d'information et de sensibilisation peut s'avérer nécessaire pour l'adoption de certains systèmes qui incluent des techniques sèches ou pour la valorisation des effluents traités (exemple : fertilisation par les urines traitées, voir fiche n°26).

Pour simplifier le travail, un schéma décisionnel moins complexe (que le passage par les deux niveaux des critères) est proposé. Il suffit ainsi de partir de la case de départ, répondre aux différentes questions suggérées, pour aboutir en fin de schéma au groupe des systèmes le plus approprié aux conditions de terrain.

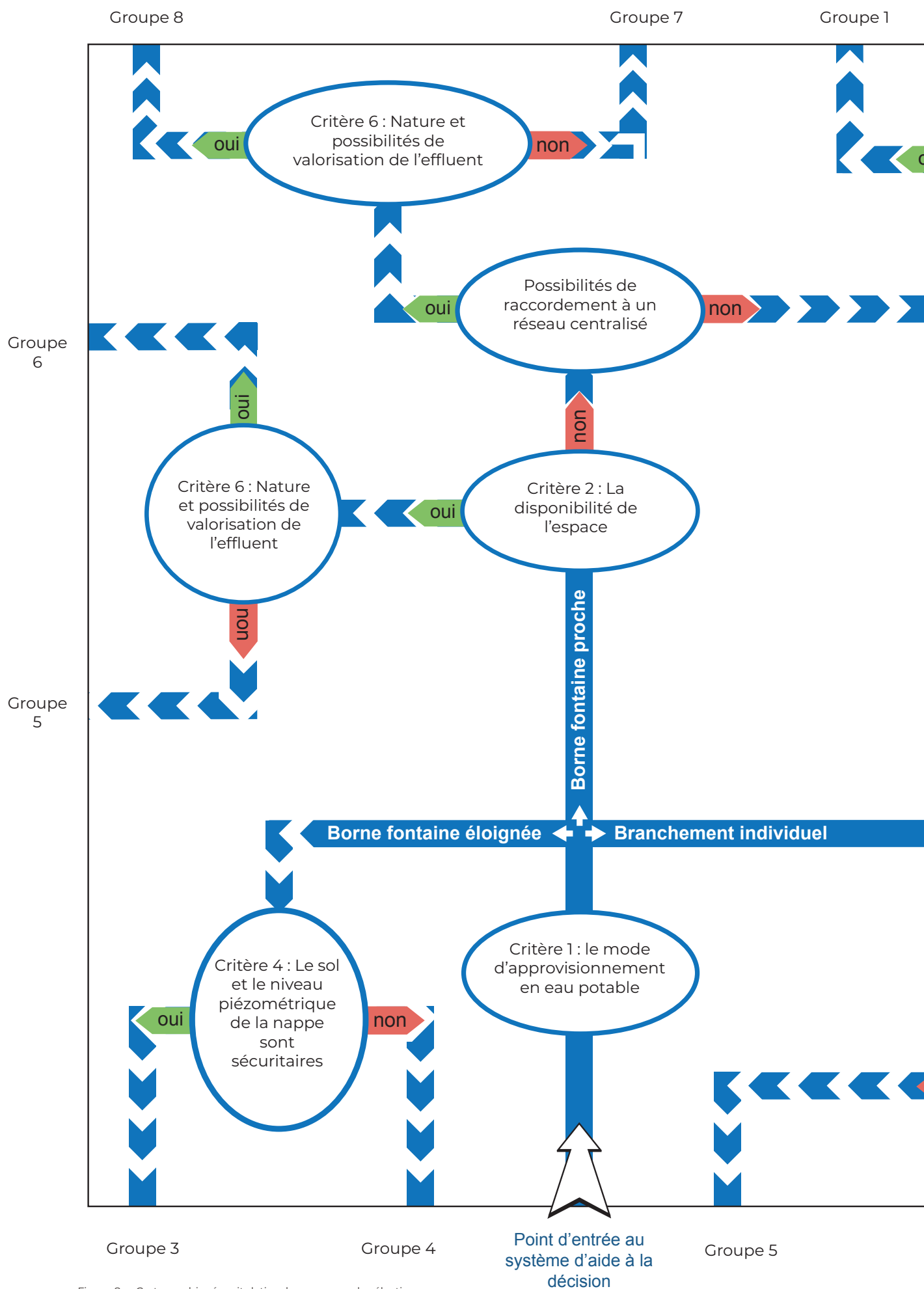
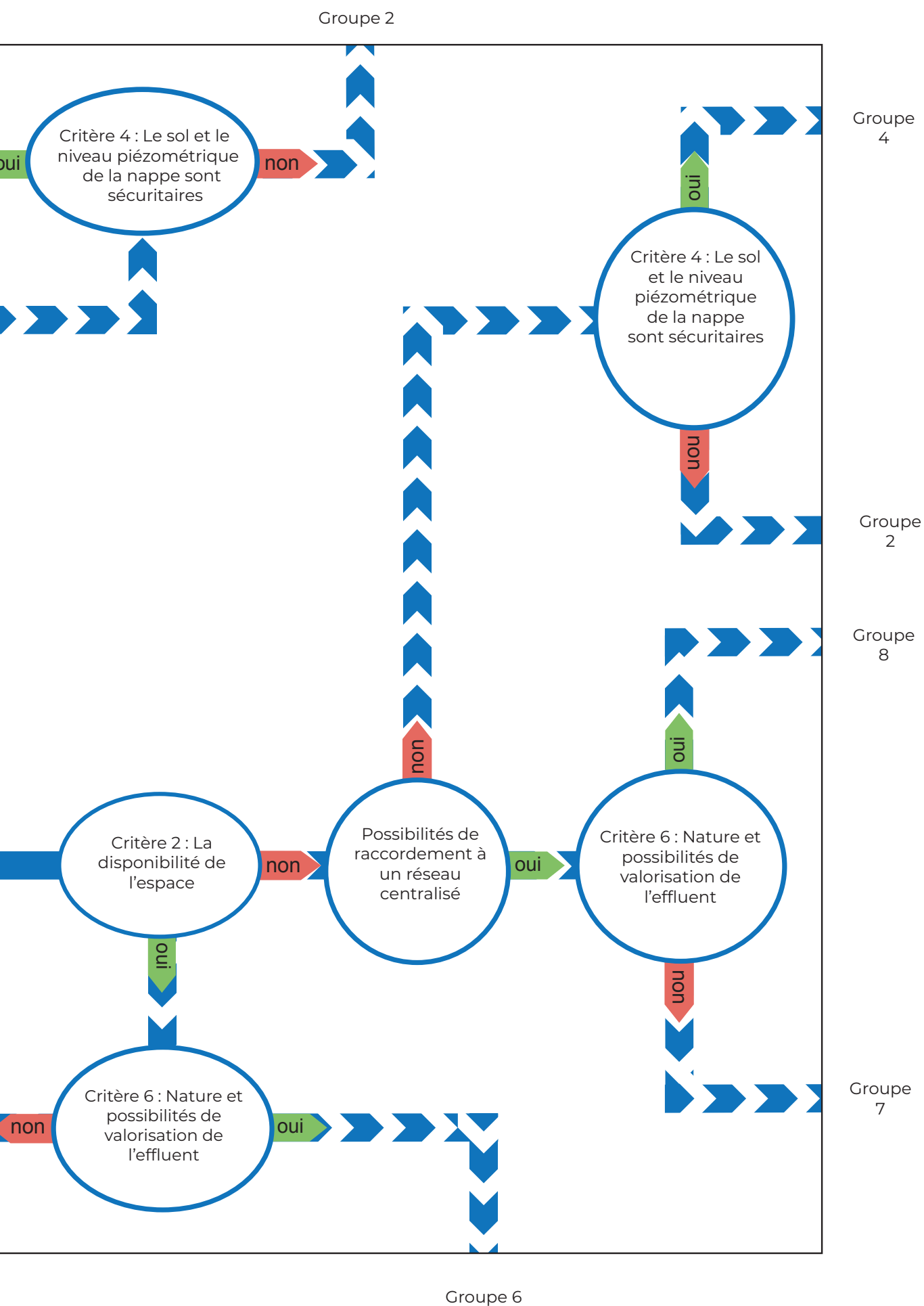


Figure 8: Cartographie récapitulative du processus de sélection





4. Les systèmes d’assainissement appropriés pour le milieu rural au Maroc

4.1 Inventaire des systèmes proposés

Douze (12) systèmes d’assainissement adaptés au milieu rural sont proposés dans la suite guide. Les appellations A et B* font référence aux deux types de systèmes de réseaux différents :

Systèmes	Applicable pour les Groupes de systèmes
Système 1 : Latrine traditionnelle avec puits d’infiltration pour les eaux grises	Gr1, Gr3
Système 2 : TDSU et filtre planté sur site pour les eaux grises	Gr1, Gr2, Gr3, Gr4
Système 3 : Fosse septique sur site	Gr1
Système 4 : Filtre planté sur site	Gr5
Système 5 : Digesteur classique sur site	Gr6, Gr8*
Système 6A ou 6B: Filtre planté centralisé	Gr7, Gr8
Système 7A ou 7B : Filtre non-planté à sable centralisé	Gr7, Gr8
Système 8A ou 8B : Plantation de biomasse centralisé	Gr7, Gr8
Système 9A ou 9B : Bassins de lagunage centralisés	Gr7, Gr8
Système 10A/B, 11A/B, 12A/B : Processus anaérobie (RAFADE, UASB ou RAC) centralisé	Gr7, Gr8





4.2 Les systèmes autonomes

4.2.1 Système 1 : Latrine traditionnelle avec puits d'infiltration pour les eaux grises

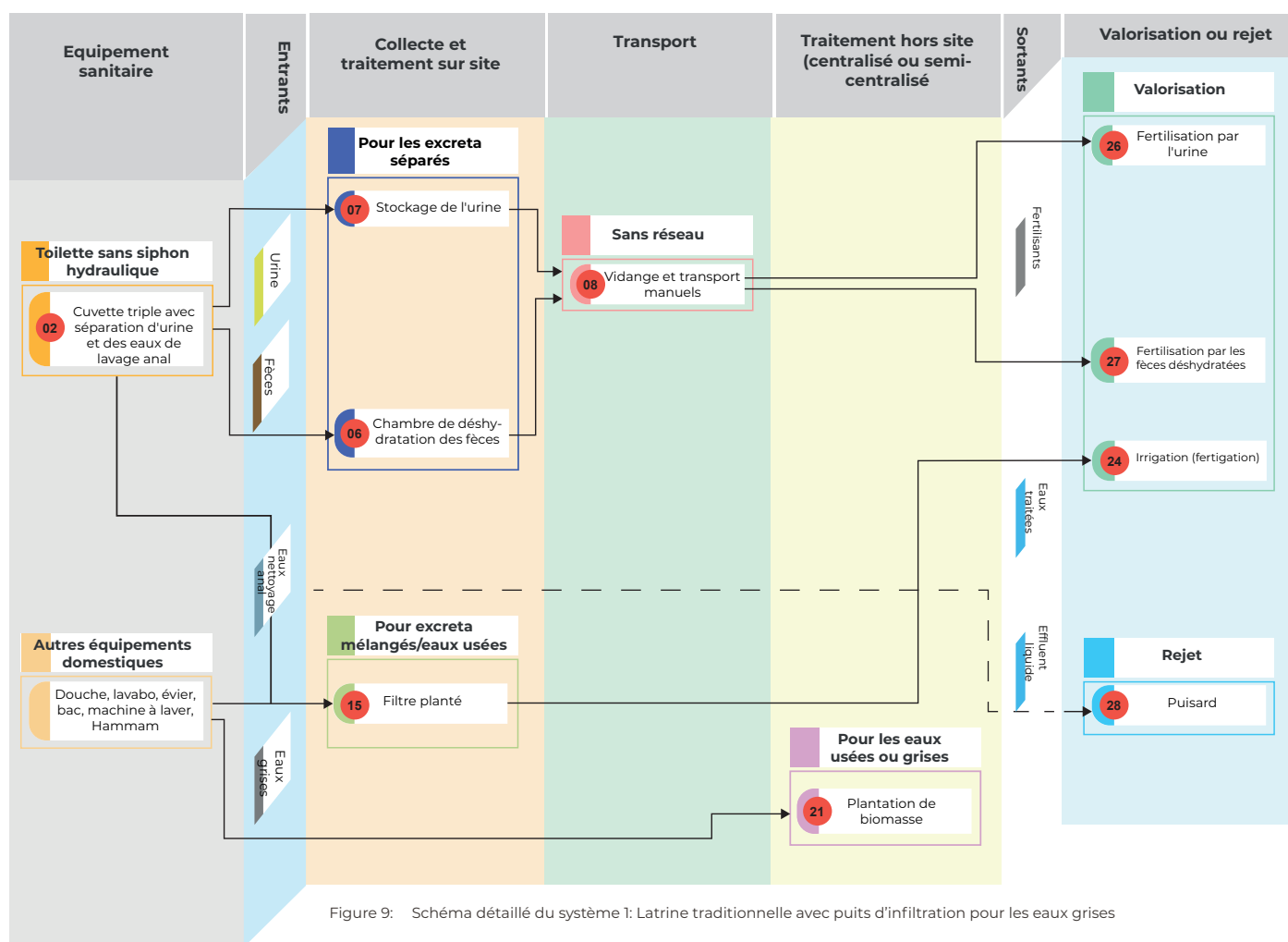
Ce système est applicable aux groupes des techniques Gr1 et Gr3.

Il s'agit d'une latrine dont la fosse nécessite une vidange manuelle ou motorisée. Les boues générées par le traitement sont peu stabilisées et présentent ainsi un risque sanitaire. Si la vidange n'est pas réalisable, les eaux noires s'infiltrent et les boues s'accumulent. La latrine ou la zone d'infiltration doit

être, dans ces conditions, déplacée quand la fosse est remplie. Les eaux grises sont infiltrées dans le sol sans traitement préalable via un puits d'infiltration. Elles peuvent aussi être valorisées dans le cadre d'une plantation de biomasse.

Cette solution a l'avantage d'être simple à exécuter avec des coûts abordables. Elle se constitue en revanche de plusieurs étapes, présentant des risques sanitaires ou environnementaux.

Ce système est à exclure en cas de risque de contamination des ressources en eau. Pour plus information, voir critère 4 « Nature du sol et niveau de la nappe phréatique » (Voir fiches: 01, 05, 08, 22, 25, 28).



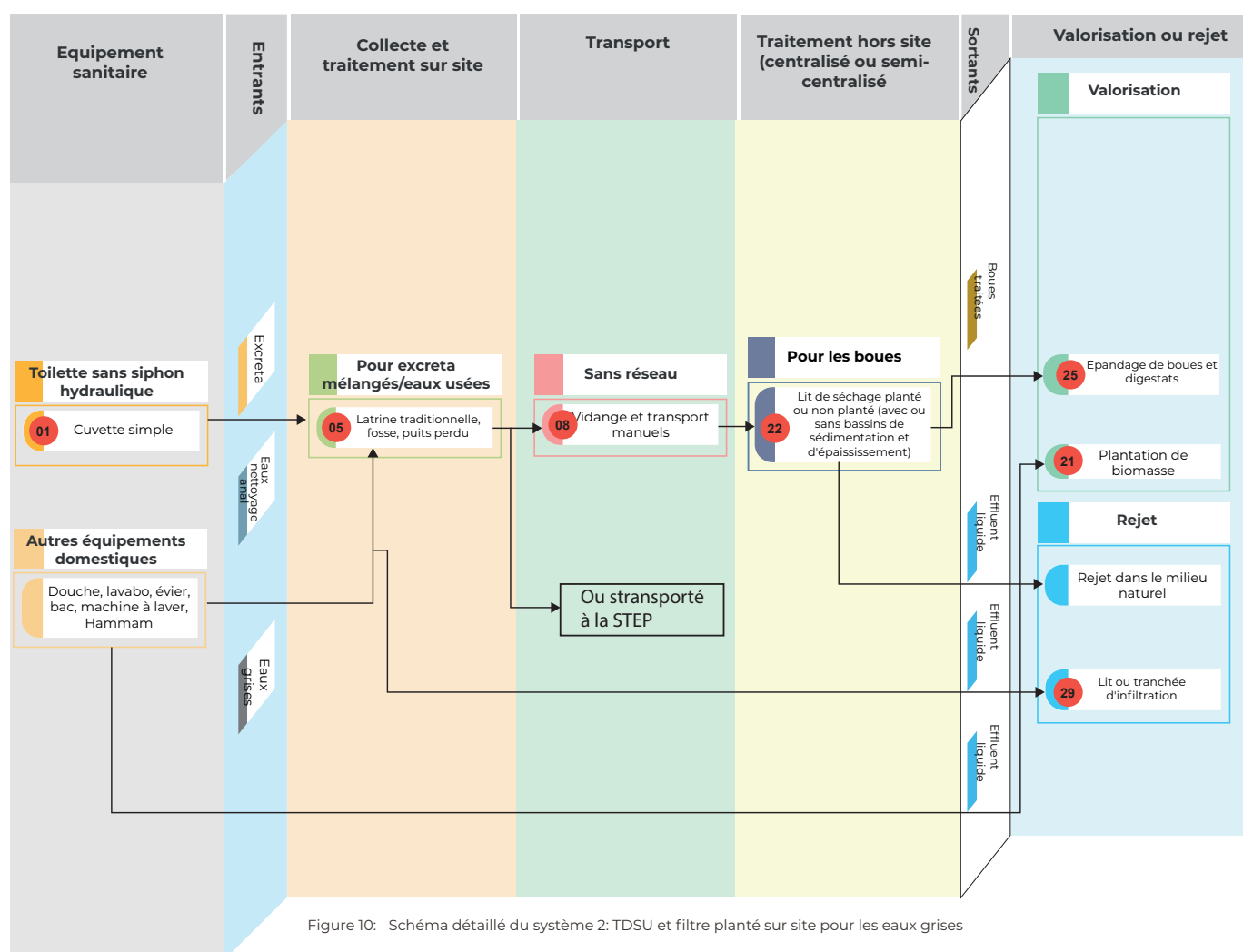


4.2.2 Système 2 : TDSU et filtre planté sur site pour les eaux grises

Ce système est applicable pour les groupes de techniques Gr1, Gr2, Gr3, Gr4. Il est particulièrement adapté lorsque l'infiltration des eaux non traitées est inefficace ou inappropriée. Ces solutions sont aussi à privilégier dans le cas de terrains rocheux difficiles à excaver, là où le niveau piézométrique de la nappe d'eau est faible. Il est également adapté pour les régions à faibles ressources en eau et en zone aride.

Ce système est conçu pour séparer l'urine des fèces pour permettre une déshydratation des fèces et/ou la récupération de l'urine pour l'amendement des sols. Les entrants au système peuvent inclure les fèces, l'urine, l'eau de nettoyage anal et les eaux grises. Il s'agit d'un système qui n'utilise pas d'eau de

rinçage pour les toilettes, et n'a pas de réseau de collecte. Il peut être mis en œuvre au niveau des ménages (comme installation individuelle), et offre la possibilité d'une réutilisation de l'urine et des fèces en toute sécurité pour l'amendement des sols. Il est également applicable comme installation collective (pour plusieurs habitations) avec option de valorisation des fèces et de l'urine. Les eaux issues du nettoyage anal sont acheminées vers un puit d'infiltration alors que les eaux grises seront traitées par un filtre planté. Une fois traitées, celles-ci seront réutilisées pour l'irrigation. Le succès de ce système dépend de la séparation efficace de l'urine et des fèces. Le système est également très adapté au climat sec et chaud permettant une déshydratation rapide et efficace des fèces. Le système nécessite, toutefois, une sensibilisation des usagers pour manipuler de façon appropriée les équipements et pour valoriser les produits en agriculture (Voir fiches : 02, 06, 07, 08, 15, 24, 26, 27, 28).





4.2.3 Système 3 : Fosse septique sur site

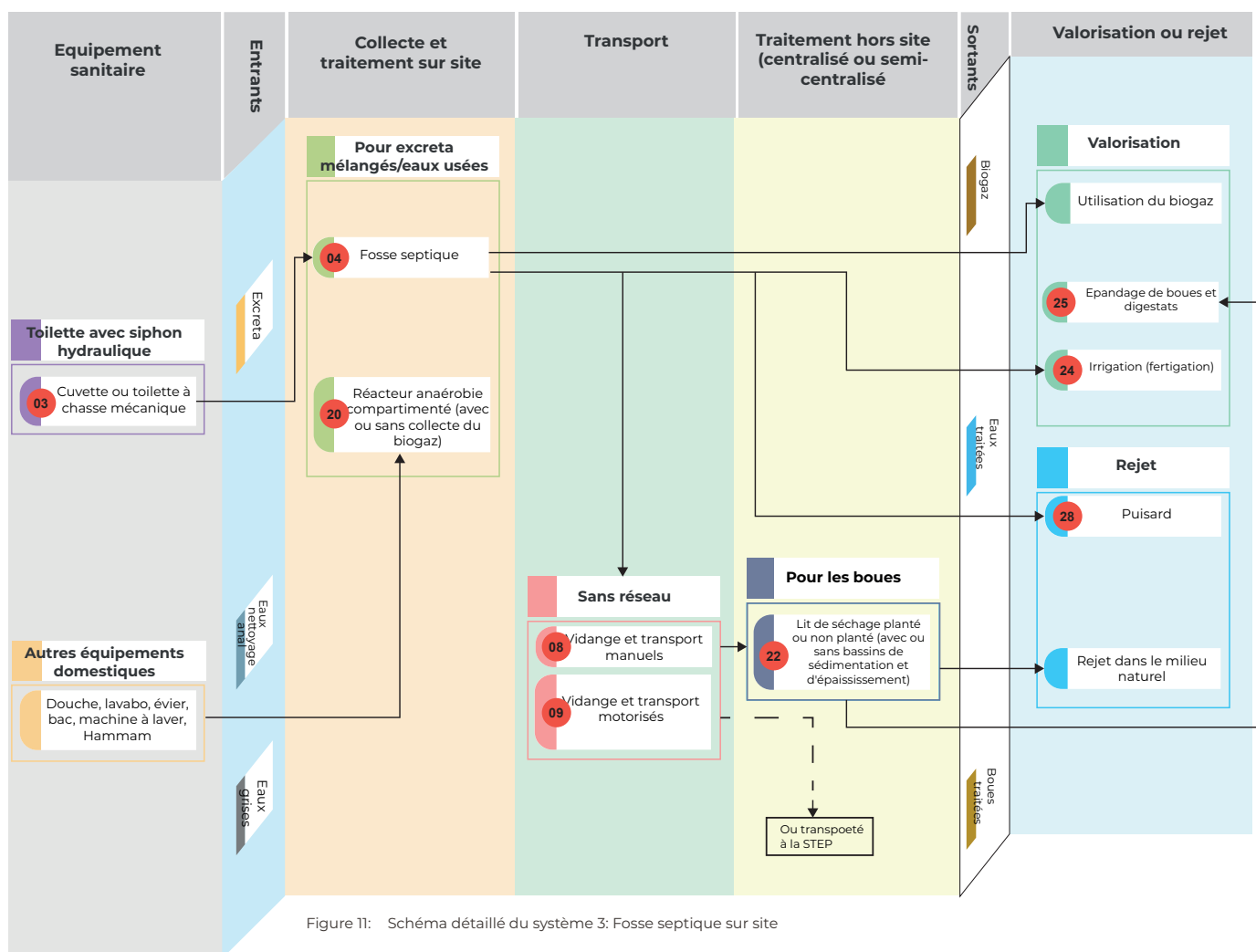
Ce système est applicable pour le groupe de système Gr1.

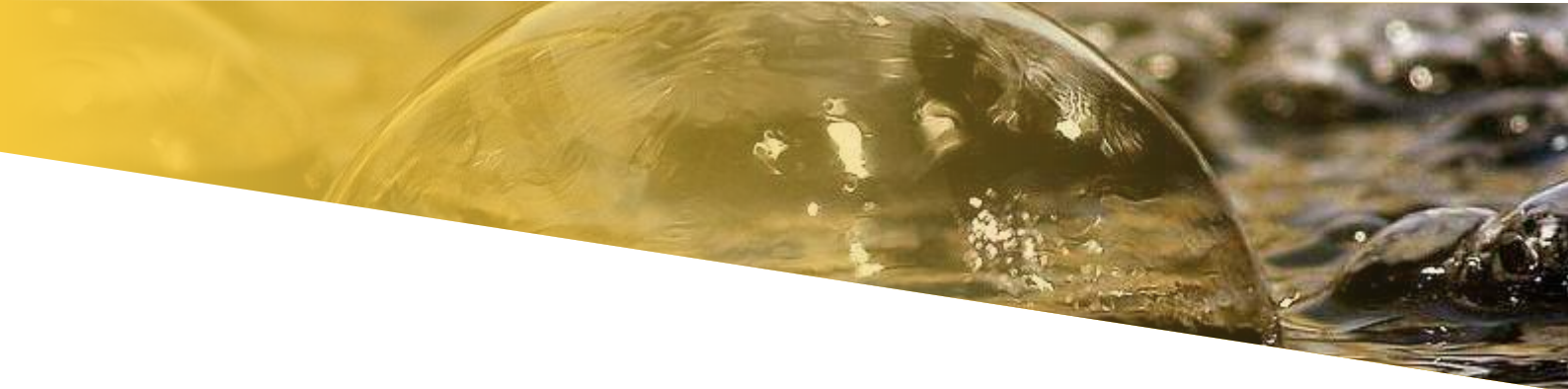
L'équipement sanitaire à mettre en place correspond à une cuvette avec siphon hydraulique (manuel ou mécanique) pour limiter l'émanation des odeurs et le développement des insectes. Les eaux noires et les eaux grises subissent un prétraitement partiel (décantation anaérobie dans une fosse septique, Réacteur Anaérobie Compartimenté RAC ou digesteur RAFADE) et sont acheminées par la suite vers un puits ou un lit d'infiltration. Dans le cas d'un RAC ou d'un RAFADE, le biogaz peut être valorisé et l'effluent liquide peut être utilisé pour l'irrigation de biomasse. Le prétraitement (la fosse septique, le RAC ou le digesteur RAFADE) nécessite une vidange périodique des

boues qui devraient être déshydratées sur un lit de séchage puis épandues.

Il faut, porter une attention particulière aux étapes comportant des risques sanitaires ou environnementaux comme la vidange et le traitement des boues.

Les conditions d'infiltration dans le cas de ce système sont assez restrictives compte tenu que les effluents ne sont pas suffisamment traités et peuvent contenir encore de nombreux agents pathogènes. Ainsi, l'infiltration est plausible dans le cas de sols peu perméables (limono argileux notamment) avec des niveaux piézométriques relativement profonds (Voir fiches : 03, 04, 09, 22, 25, 28).





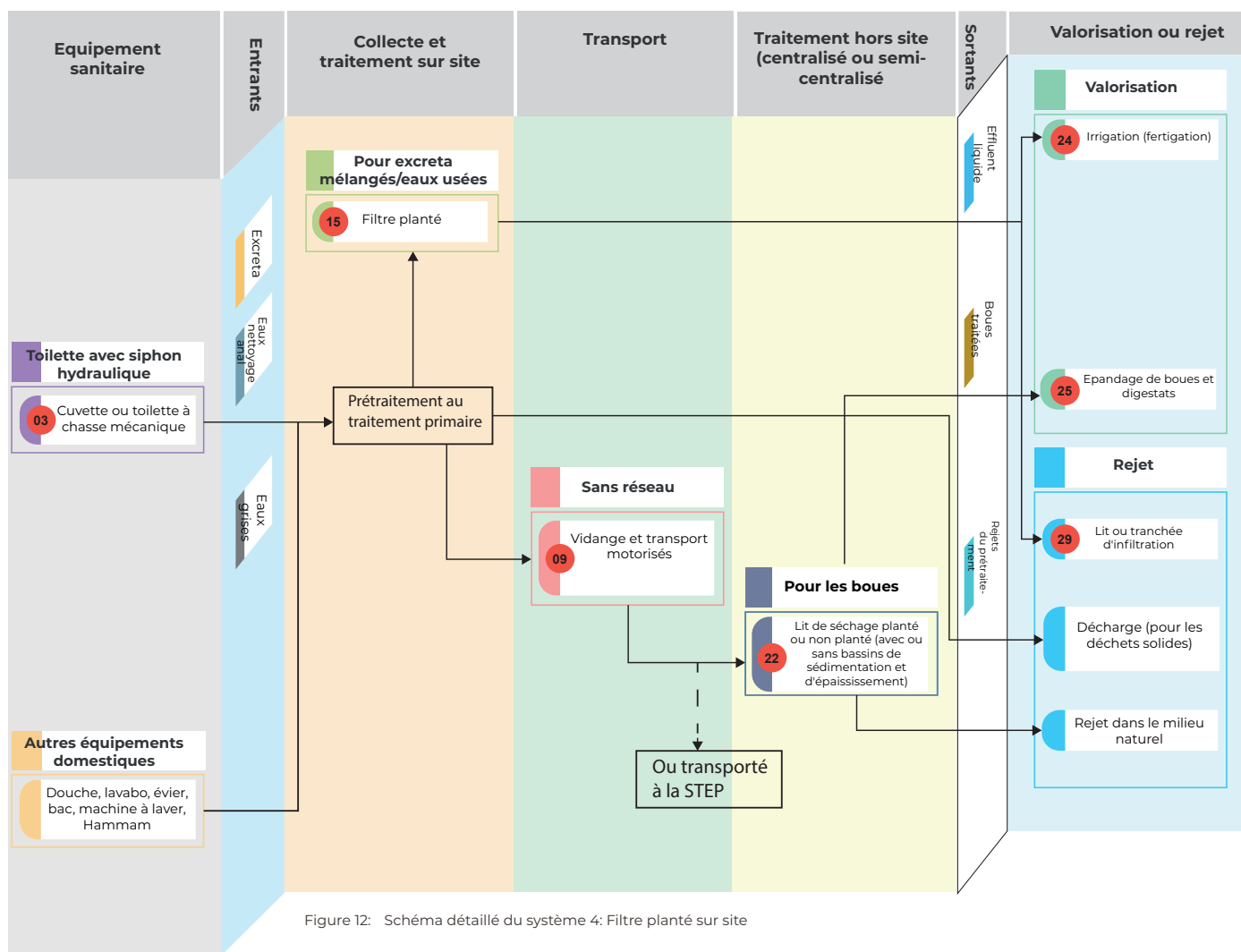
4.2.4 Système 4 : Filtre planté sur site

Ce système est applicable pour le groupe de système Gr5. Les eaux noires et les eaux grises subissent un traitement primaire (fosse septique, décanteur) puis sont acheminées vers un filtre planté. L'eau traitée peut éventuellement être infiltrée ou valorisée dans l'irrigation.

Le décanteur ou la fosse doivent être vidangés à fréquence convenable (manuellement ou mécaniquement). Les boues de vidange doivent être déshydratées sur lit de séchage puis

épandues. Les boues peuvent selon les cas être acheminées dans une station de traitement collectif si les conditions de transport le permettent (courtes distances entre l'équipement et la station de traitement collectif).

Cette solution nécessite un approvisionnement en eau constant et un espace suffisant. La valorisation dans l'irrigation d'une biomasse plantée s'avère pratique dans les zones arides. La mise en œuvre d'un filtre planté peut par ailleurs, proposer des plantes utilisables en construction, fourrages ou productions fruitières (Voir fiches : 02, 09, 12, 15, 22, 25, 29).





4.2.5 Système 5 : Digesteur classique sur site

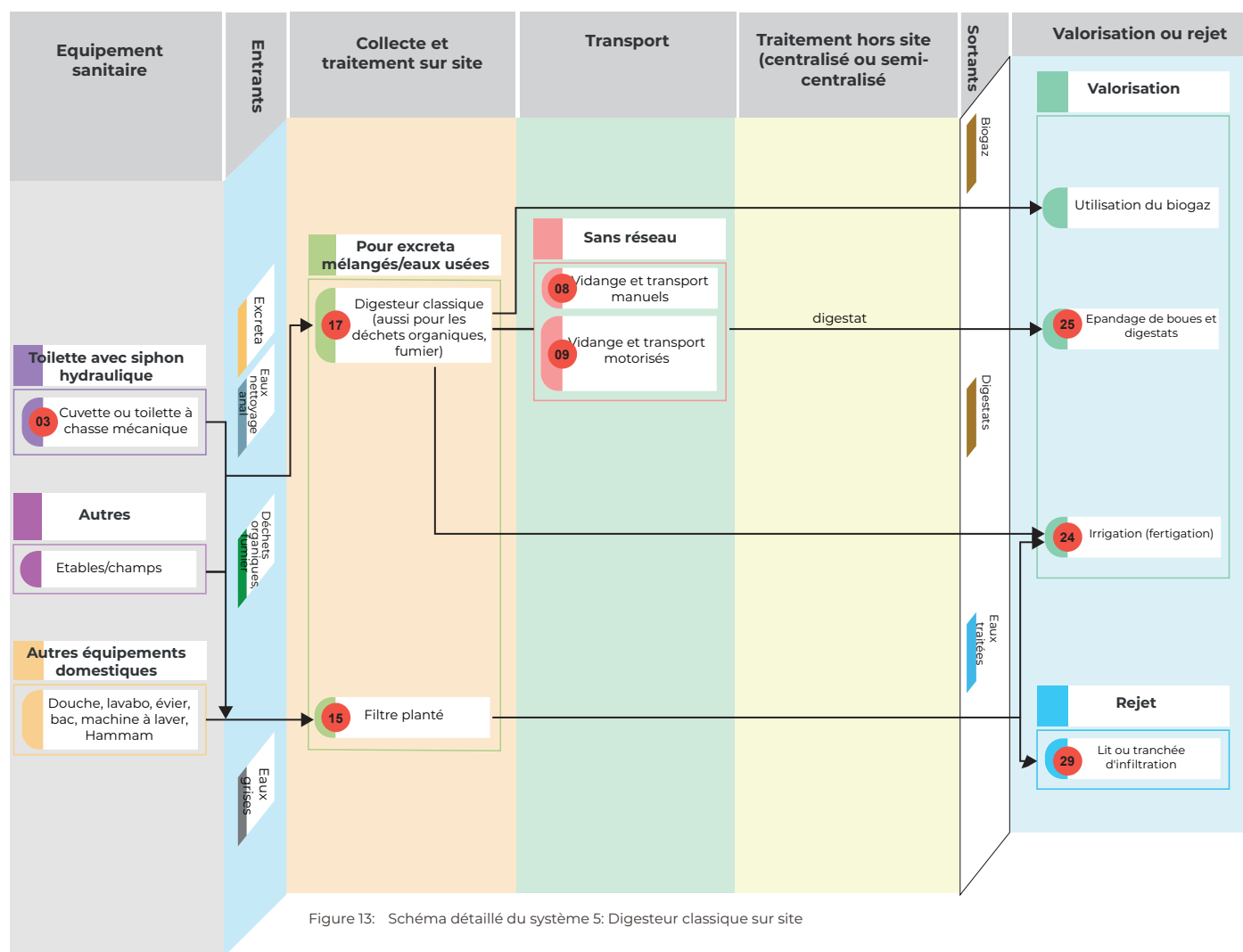
Ce système est applicable pour les groupes de systèmes Gr6 et Gr8. Les eaux usées sont traitées en totalité dans le digesteur avec les effluents d'élevage. L'effluent traité (le digestat) est stabilisé et peut être directement valorisé pour la fertilisation des sols.

Ce système est applicable pour les exploitations agricoles pratiquant l'élevage. Il nécessite, en revanche, un apport d'eau particulièrement régulier et important pour un bon fonctionnement de l'installation (dilution constante des

effluents d'élevage). Il faut l'exclure, à cet effet, si les conditions d'approvisionnement en eau sont difficiles ou si le site se trouve à plus de 50m d'un point d'alimentation en eau.

A noter qu'il faut veiller, dans le cas de ce système à ne pas introduire trop de substances dans le digesteur via les eaux grises (par exemple : eau de javel).

Il est par ailleurs, possible de traiter séparément les eaux grises par filtre planté et les utiliser en irrigation ou les infiltrer pour recharger la nappe phréatique (Voir fiches : 03, 09, 17, 24, 25).





4.3 Le traitement hors-site, centralisé (Systèmes 6 à 12)

Ce système est applicable pour les groupes de systèmes Gr7 et Gr8. Contrairement aux systèmes d'assainissements autonomes, le traitement centralisé est approprié pour des groupes d'usagers dans des zones denses et peuplées.

Le critère de la densité est donc déterminant dans le cadre de mise en œuvre de ces systèmes qui nécessitent des frais d'exploitation et de maintenance relativement élevés (pour une bonne gestion notamment des boues). Bien entendu la taille de la localité ou du douar conditionne aussi la pérennité des équipements en termes de gestion si une participation financière des ménages est prévue.

Même si ces déterminants doivent être évalués au cas par cas, il est peu fréquent qu'en milieu rural, les conditions pour un traitement collectif économiquement raisonnable soient réunies.

Ces systèmes nécessitent un réseau d'égout dont le rôle est de convoier les eaux usées des habitations vers un site de traitement ou de rejet approprié (hors-site). Le réseau d'égout peut être de type unitaire, collectant conjointement les eaux usées et les eaux pluviales, ou séparatif quand il les collecte séparément.

La caractéristique importante de ces systèmes est qu'il n'y a pas de collecte et stockage/traitement in situ. Les matières entrant dans ce système peuvent inclure les fèces, l'urine, l'eau de chasse, l'eau et les objets de nettoyage anal, les eaux pluviales et les eaux grises. Ces effluents sont acheminés par le flux des eaux usées et sont traités conjointement. Un approvisionnement en eau régulier est donc indispensable au bon fonctionnement de tout système centralisé. Les deux techniques d'équipement sanitaire qui peuvent être employées pour ces systèmes sont la toilette avec siphon à chasse manuelle ou mécanique.

Comme il n'y a pas de collecte et de stockage/traitement, toutes les eaux vannes sont transportées à un site de traitement (semi-)centralisé. La collecte des eaux grises dans le système de transport aide à assurer un autocurage du réseau. Une des techniques « collectives » (filtre planté, filtre non-planté à sable, plantation de biomasse, bassins de lagunage) est requise pour le traitement de ces eaux.

Il existe deux types de réseaux d'égout :

- Les égouts gravitaires conventionnels (type A) sont des réseaux de conduites souterraines qui transportent les eaux vannes, les eaux grises et les eaux pluviales depuis les habitations vers une station de traitement centralisé de façon gravitaire ou par combinaison de tronçons de réseaux

gravitaires et de stations de relevage.

- Le réseau d'égouts non conventionnel ou réseau décanté à petit diamètre (type B). Les systèmes centralisés utilisant les réseaux d'égout de type B sont semblables à leurs équivalents de type A sachant que le type B demeure le plus approprié en zone rurale pour des raisons de coût et de maintenance. Pour cette technique, il est indispensable d'effectuer une décantation préalable pour éviter le risque de colmatage du réseau. Par conséquent, les habitations reliées à ce type de réseau doivent être équipées de fosses de décantation ou de fosses septiques. Ces décanteurs, mis en place au niveau des habitations, doivent être vidangés régulièrement et les boues doivent être traitées.

Toutes les techniques centralisées de traitement produisent à la fois des boues de vidange et des eaux usées traitées. Les techniques pour la réutilisation ou le rejet au milieu naturel des eaux traitées incluent: l'irrigation, l'aquaculture, le lagunage à macrophytes, le déversement dans un cours d'eau ou la recharge des nappes souterraines. Les techniques pour la réutilisation ou l'évacuation des boues de vidange traitées incluent: l'épandage sur les sols ou la mise en décharge après traitement.

Les frais d'investissement pour ce système peuvent être élevés. Les réseaux gravitaires requièrent en effet des terrassements étendus et la pose de conduites. Les réseaux simplifiés demeurent généralement moins chers si les conditions de mise en œuvre permettent une conception groupée. Ce système est uniquement approprié lorsqu'il y a une bonne volonté de couvrir les frais d'investissement et les frais d'entretien. Ces déterminants mettent en évidence que ce système est plus adapté au milieu urbain et périurbain qu'au milieu rural. Un approvisionnement en eau régulier est aussi nécessaire pour assurer un fonctionnement correct, satisfaisant les conditions d'autocurage, et évitant le colmatage.

Selon le type d'égout et la structure de gestion (simplifié / gravitaire, municipal / communautaire), il y a divers degrés de responsabilités en matière d'exploitation ou d'entretien pour les habitants. (Morel & Diener 2006).

En somme, ces systèmes nécessitent un fort engagement de la part de la collectivité pour couvrir des frais d'investissement conséquents, dus essentiellement aux opérations de terrassement et à la pose des conduites. Des systèmes de traitement et de stockage sont aussi imposés, augmentant davantage les frais d'investissement, en vue d'assurer le traitement des eaux usées avant leur réutilisation ou leur rejet dans le milieu naturel. Ces installations ne peuvent pas être gérées par la communauté et nécessitent donc l'engagement de la Commune pour assurer ce service ou un délégataire confirmé.



Il existe donc plusieurs solutions d'assainissements centralisés dont les particularités sont décrites ci-après

4.3.1 Système 6 : Filtre planté centralisé

Toutes les eaux usées sont convoyées par le réseau d'égout vers le filtre planté. Les eaux traitées sont ensuite utilisées pour l'irrigation. Les boues produites par le traitement primaire sont séchées puis épandues.

Système A: un prétraitement est nécessaire avant le filtre planté.

Système B: un prétraitement est nécessaire avant le réseau d'égout. Dans la plupart des cas, une simple fosse de décantation peut remplacer la fosse septique. Si une fosse septique est déjà construite, elle fera, systématiquement office de traitement primaire en amont du filtre.

Le filtre planté est une technique simple à mettre en place et à entretenir. Elle peut donc être largement appliquée dans toutes les régions du Maroc. Toutefois il est important de prétraiter les eaux usées avant le filtre planté.

Les performances épuratoires de ce système sont élevées s'il est suffisamment grand ; il faut ainsi disposer de surfaces suffisantes (3m²/personne sous climats chauds à tempérés et 5 m²/personne sous climats froids). A signaler que dans les zones arides, les eaux traitées par le filtre sont souvent sujettes d'évapotranspiration, pour être valorisées en irrigation. Il est donc préférable de les valoriser et de les rentabiliser au niveau même du filtre planté, en visant des plantations adaptées au fourrage, à l'artisanat, ou à la production de fruits. (Voir fiches : 03, 10, 12, 15, 22, 24, 25).

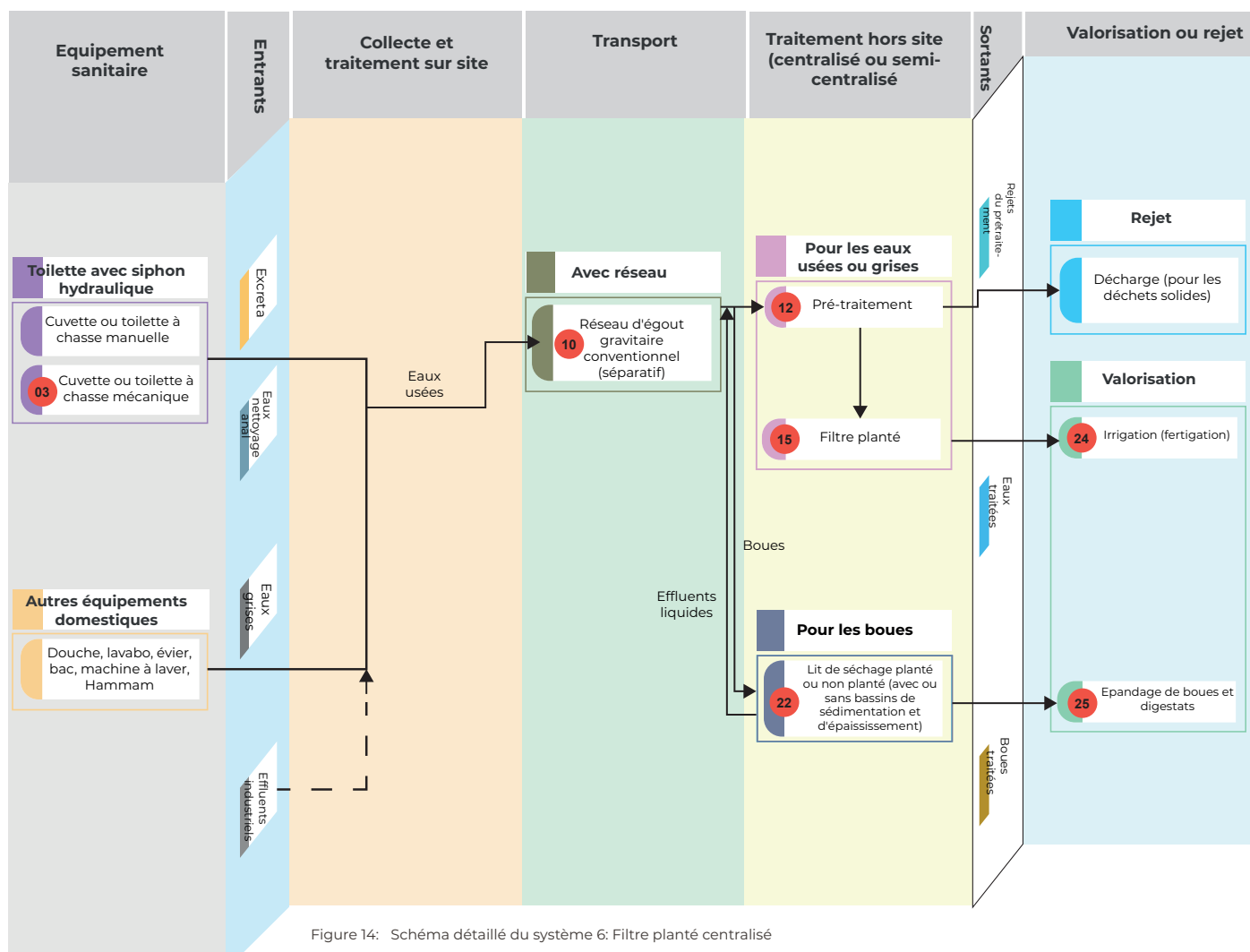


Figure 14: Schéma détaillé du système 6: Filtre planté centralisé



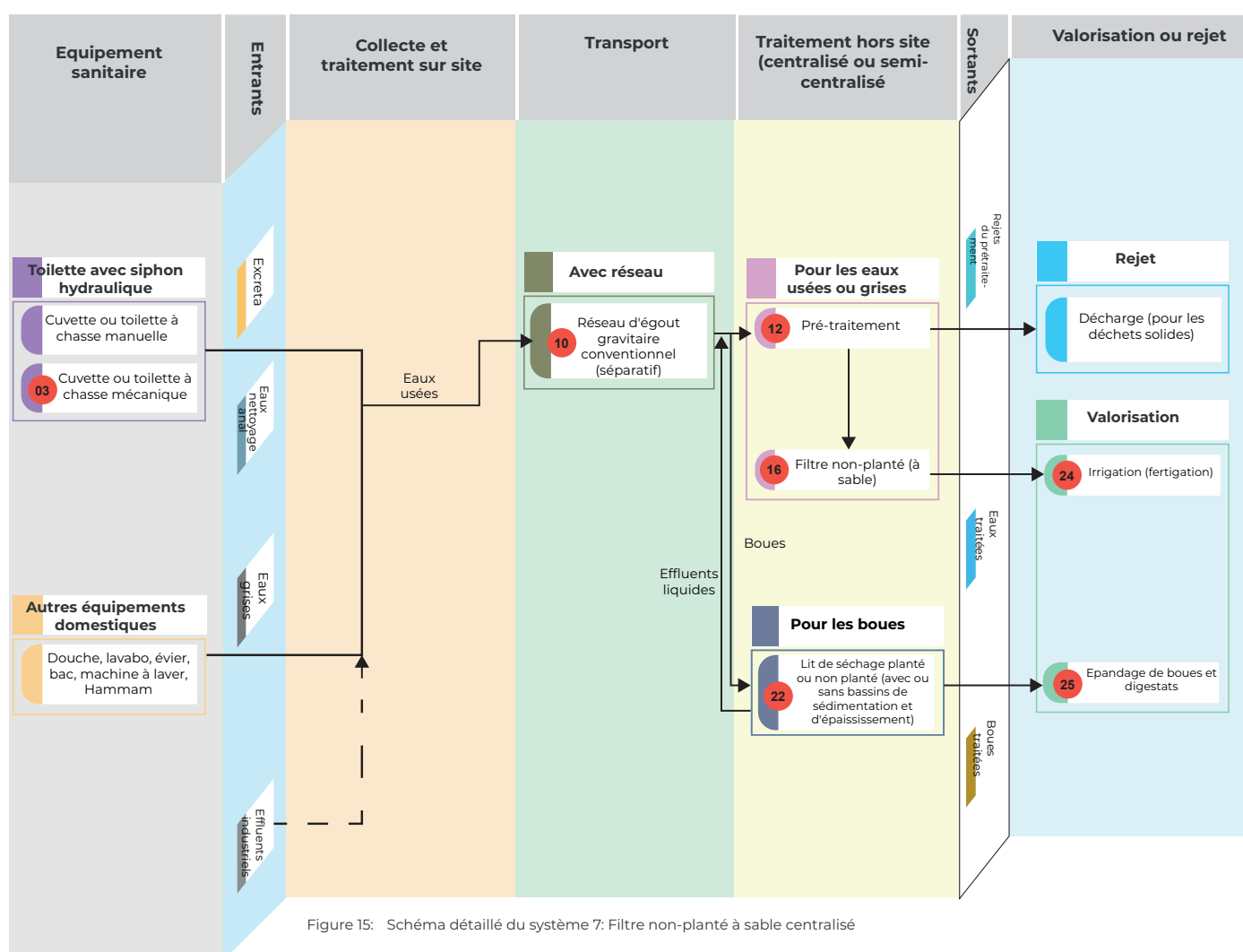
4.3.2 Système 7 : Filtre non-planté à sable centralisé

Ce système est très semblable au système 6. Toutes les eaux usées sont acheminées par le réseau d'égout vers le filtre à sable. Les eaux traitées sont ensuite valorisées dans l'irrigation. Les boues produites par le traitement primaire sont séchées puis épandues.

Système A: le prétraitement est nécessaire avant le filtre non planté.

Système B: le prétraitement est nécessaire avant le réseau d'égout. Dans la plupart des cas, une simple fosse de décantation peut remplacer la fosse septique. Si une fosse septique est déjà construite, elle fera, systématiquement office de traitement primaire en amont du filtre..

Ce système est plus efficace dans les zones très arides à subsahariennes, notamment les oasis (moins de perte d'eau par évaporation). Plusieurs exemples existent de ces installations au Maroc, donnant lieu à des résultats probants. Le système permet d'obtenir une eau épurée de bonne qualité. L'épandage des eaux sur le filtre occasionne, par contre l'émanation d'odeurs (Voir fiches : 03, 10, 12, 16, 22, 24, 25).





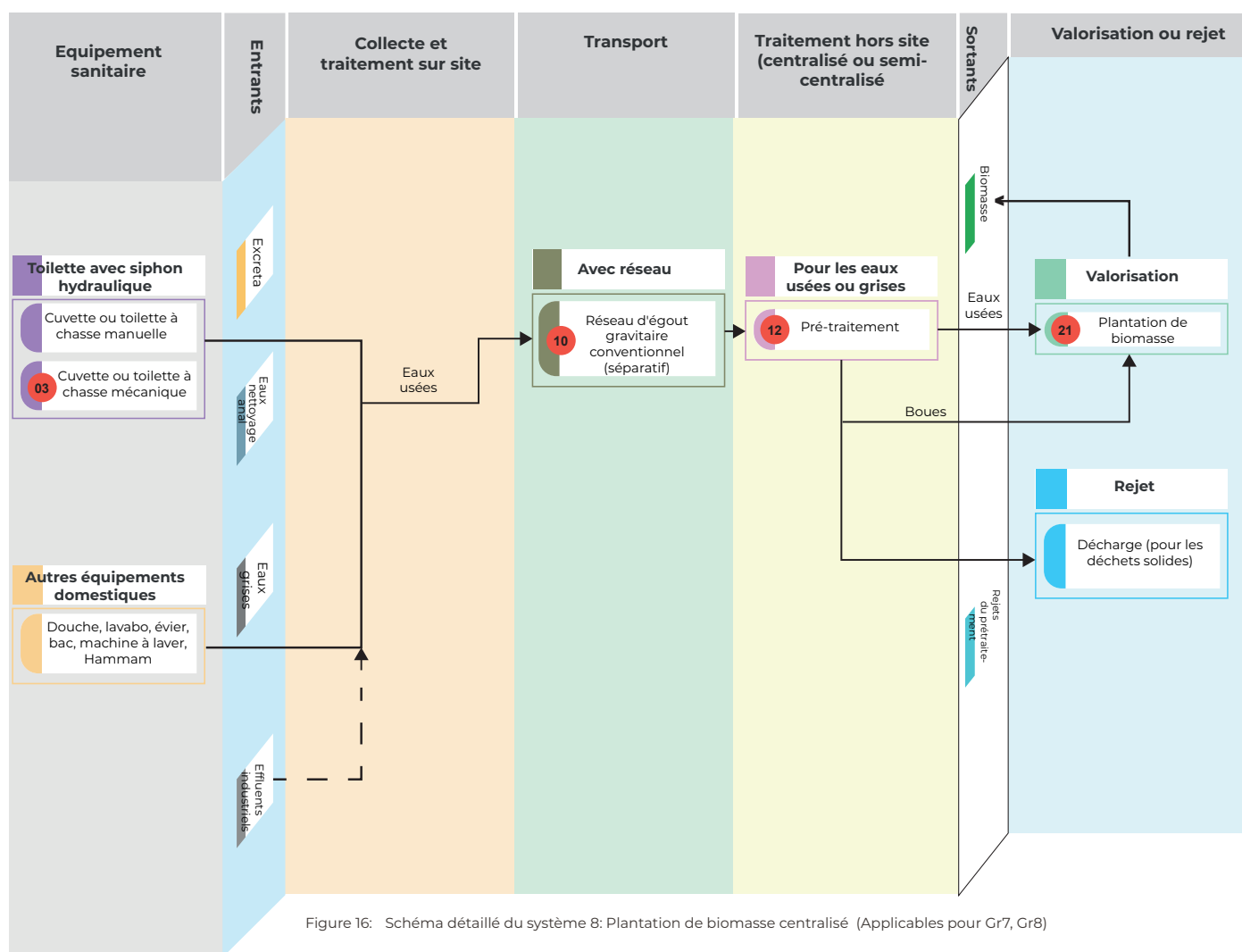
4.3.3 Système 8 : Plantation de biomasse centralisée

Les eaux grises et les eaux noires subissent une décantation au niveau d'une fosse septique puis sont acheminées par un réseau d'égout vers la culture de biomasse. Pour assurer la durabilité du procédé de plantation de biomasse, les eaux usées doivent subir un traitement primaire.

Ce système s'applique lorsqu'il est possible d'exploiter des cultures non destinées à des fins alimentaires. A citer, notamment, la production de bois destiné à la construction, au chauffage ou à la fabrication de pâte à papier à partir d'arbres ou

d'arbustes à croissance rapide. Cela sous-entend la présence en quantité suffisante d'eau usée en fonction du type de culture et du climat. Ce système est optimisé pour la réutilisation de l'eau et de nutriments pour la croissance des arbres et arbustes. La communauté des usagers de ce système doit être, en revanche, suffisamment organisée et capable de travailler ensemble pour collecter et utiliser la biomasse produite.

Cette solution est particulièrement adaptée aux zones arides en déficit hydrique. Elle est par contre, à exclure en cas de présence de nappe phréatique vulnérable (Voir fiches :03, 04, 09, 11, 21).



4.3.4 Système 9 : Bassins de lagunage

Cette technique robuste a fait ses preuves pour le traitement des eaux usées de petites localités disposant de grandes surfaces pour la mise en place des bassins. Elle est moins appropriée cependant, pour les zones très denses ou urbaines.

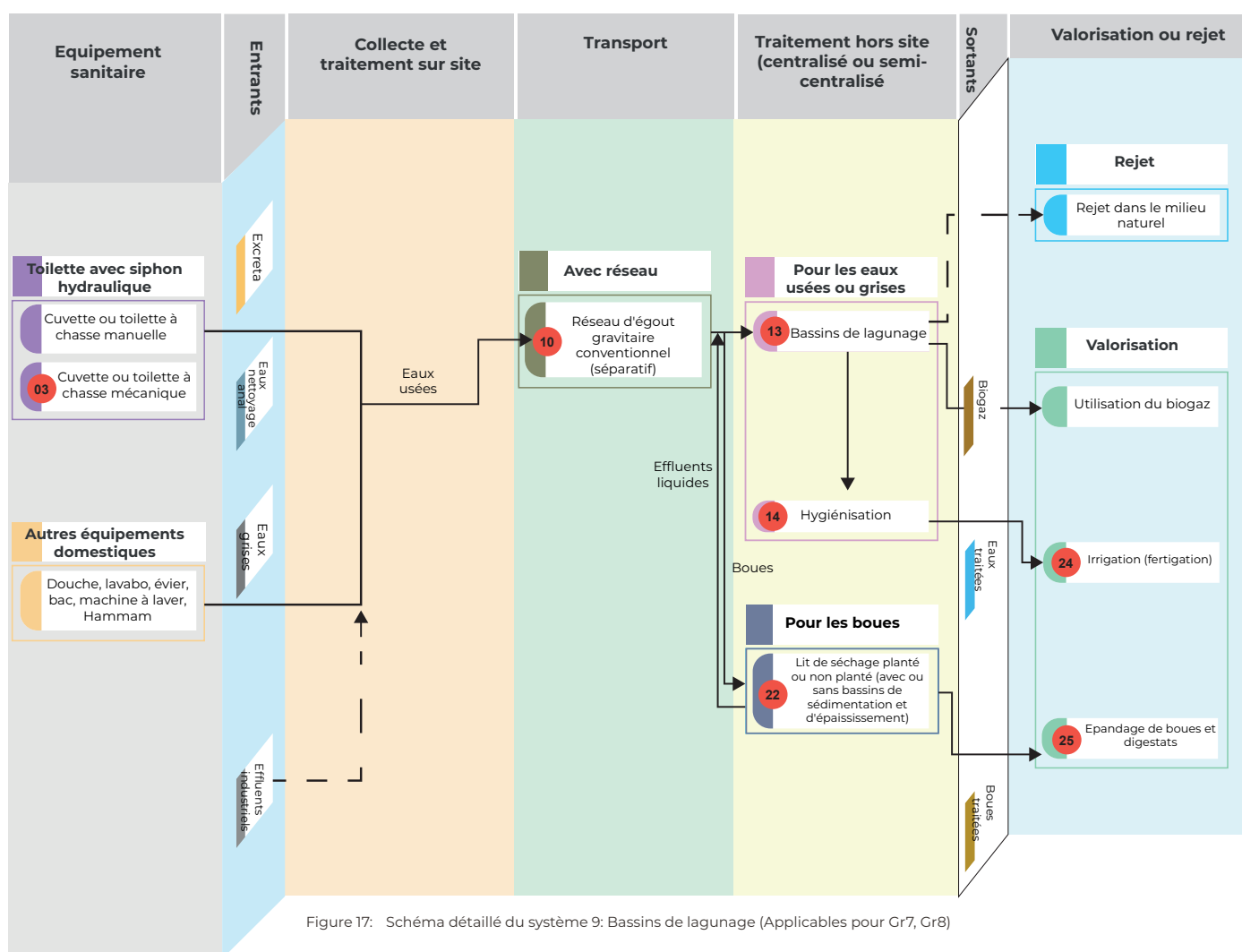
L'équipement sanitaire est la cuvette avec siphon hydraulique (manuel ou mécanique) dont les rejets mélangés aux eaux grises sont acheminés vers les bassins de lagunage. Les bassins de traitement nécessitent des vidanges périodiques. Les boues sont à transporter vers un lit de séchage et/ou épandues.

Les performances de ces installations varient selon les conditions climatiques. Ils sont assez efficaces dans les climats chauds et ensoleillés, et moins performants dans les climats

froids, nécessitant, en effet, des ajustements dans les paramètres de conception.

Les leçons tirées montrent qu'au Maroc, ce procédé présente des avantages attractifs quant à son fonctionnement simple et naturel, à ses performances épuratoires (souvent alignées aux normes marocaines) et à son coût compétitif.

C'est une technique qui présente, en revanche, certaines limites et contraintes, vu qu'elle nécessite des superficies considérables (non disponibles parfois), et donne lieu à des émanations d'odeurs. Les bassins anaérobies peuvent être facilement envasés si les mesures d'entretien ne sont pas respectées. L'évaporation des eaux épurées est aussi souvent élevée limitant leur valorisation. (Voir fiches : 03, 10, 13, 14, 22, 24, 25).



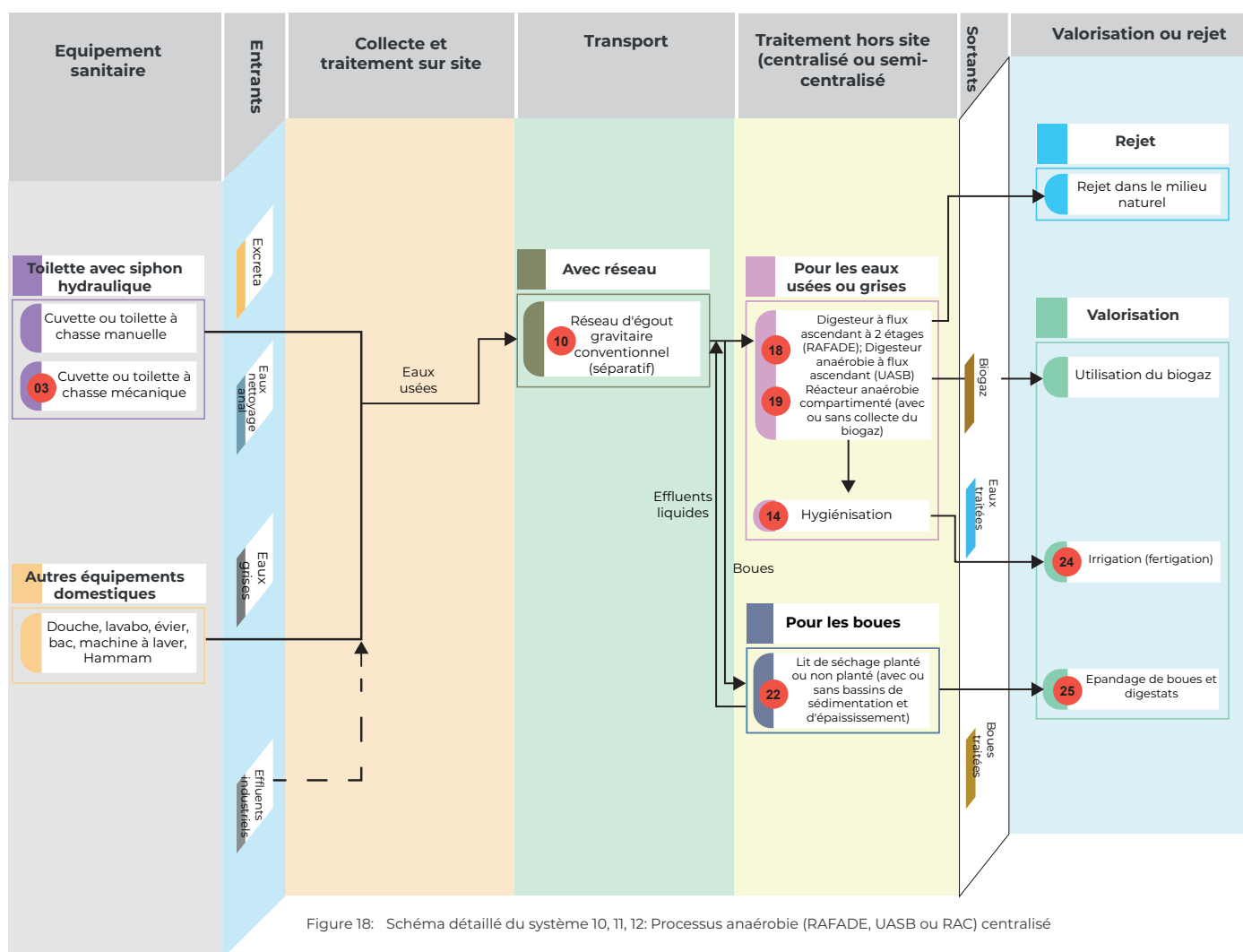


4.3.5 Système 10, 11, 12 : Processus anaérobie (RAFADE, UASB ou RAC) centralisé

Ces systèmes sont basés sur le principe de digestion anaérobie. Les eaux noires et grises subissent (ou non) une décantation au niveau de la fosse septique puis sont acheminées par un réseau d'égout vers un digesteur. Les eaux traitées, de même que les boues produites par les digesteurs, sont ensuite utilisées pour l'irrigation et pour la fertilisation des sols.

La digestion anaérobie permet d'obtenir des boues stabilisées, limitant, les risques sanitaires lors des vidanges, du séchage ou de l'épandage. Ces systèmes ont aussi l'avantage d'empêcher l'émanation de mauvaises odeurs, et permettent la production de biogaz.

Dans le cas du réseau décanté (système B), il faut ajouter un prétraitement (fosse de décantation ou fosse septique avant le réseau. Les boues issues de ce prétraitement seront acheminées vers le digesteur (Voir fiches : 03, 10, 14, 18, 19, 20, 22, 24, 25).





4.4 Validation du système choisi

Ainsi et en fin du processus de sélection, il est possible que plusieurs systèmes d'assainissement se révèlent appropriés pour une situation donnée et soient retenus. Dans ce cas, il est important de les confronter aux différents facteurs qui détermineront leurs performances.

Il convient donc, à l'issu du processus de décision, de soumettre les systèmes retenus à une check-list reprenant les différents critères développés pour valider leur adéquation aux réalités du terrain.

Comme répété à plusieurs reprises dans ce guide, il est primordial d'étudier soigneusement les conditions locales, les attentes et les moyens financiers des usagers avant d'entamer le processus de sélection et se prononcer sur la solution.

Exemple d'application

Voici un exemple de réflexion concernant le choix de l'équipement sanitaire, du stockage des excréta et du mode de vidange et de traitement des boues.

En fonction des critères de sélections, les usagers ont le choix parmi les équipements sanitaires suivants :

- La latrine simple,
- La toilette sèche avec déviation d'urine,
- La toilette à siphon avec ou pas de fosse septique.

Si le ménage ne dispose pas d'eau à la parcelle, les techniques sèches seront privilégiées pour le stockage d'excréta et seront choisies entre la latrine simple et la toilette sèche avec déviation d'urine. Si l'eau peut être, cependant, obtenue facilement et que la source d'eau n'est pas loin du domicile, la toilette à siphon (chasse mécanique ou manuelle) avec ou sans fosse septique pourra aussi convenir.

Si la solution « fosse septique » est sélectionnée ou la densité de population le permet, la mise en œuvre d'un système (semi)-centralisé, les eaux noires et les eaux grises seront envoyées conjointement dans une fosse septique ou le réseau d'égout.

Dans le cas des systèmes de traitement décentralisés, la première contrainte limitante est la disponibilité de l'espace. Quelle que soit la situation, la priorité sera toujours donnée aux installations de stockage des eaux noires puis des eaux grises.

Si l'espace est insuffisant, les seules alternatives possibles seront soit un traitement centralisé ou la mise à disposition des ménages des équipements sanitaires communautaires. Mais il faut toujours veiller à ce que ces installations soient suffisamment pourvues en eau pour leur fonctionnement et leur entretien.

Concernant les rejets, il est préférable de favoriser les solutions qui permettent la réutilisation et la valorisation des eaux usées traitées. S'il n'existe pas de possibilités de réutilisation, l'infiltration des eaux usées traitées (voir fiche 29) peut permettre de la recharge de la nappe phréatique. L'infiltration est néanmoins déconseillée lorsqu'il s'agit d'eaux usées non traitées, en raison des risques de contamination de la nappe. À retenir aussi que l'infiltration des eaux usées non traitées est à exclure pour les zones suivantes :

- D'habitat dense avec présence de captages d'eau potable ;
- Où les eaux souterraines sont la seule source d'eau potable.
- Où les eaux souterraines sont menacées de contamination (sols trop perméables, niveau piézométrique proche du terrain naturel, fortes précipitations) ;
- Inondables ;
- Ayant un sol argileux, très compact ou rocheux ;

Si ces conditions défavorables sont rencontrées, les techniques fonctionnant sans eau comme la toilette avec déviation d'urine, sont préconisées. D'autres techniques d'assainissement décentralisé performantes pourront aussi être proposés comme le filtre planté ou le digesteur classique sur site s'il y a des effluents d'élevage à traiter.

Par conséquent, il est important d'accompagner tout projet d'assainissement avec de la sensibilisation et l'éducation aux notions de risques sanitaires et environnementaux et d'insister sur la notion de valorisation et de réutilisation des rejets

Bibliographie

Akvo, Akvopedia Sanitation Portal 2013 Akvopedia,
http://akvo.org/wiki/index.php/Portail_d%27Hygi%C3%A8ne

Barraud, S. et al. (2006). Guide technique : Recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain. Programme MGD infiltration du RCGU, Lyon, France
http://www.graie.org/othu/docsactu/GuideTechnique_recommandationsouvragesinfiltration.pdf

Cruz, R., Navaluna, M.V., Galing, E., Roncesvalles, J., Sadang, R., de Dios, L.R., Sahagun, V., Luis, R., Kaimo, A., Fuelles, R., Matibag, M., Elvas, L., Sy, E. (2005). Philippines sanitation sourcebook and decision aid. WSP South East Asia and GTZ, Philippines.
<http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1335>

Désille, D., Le Jallé, C., Toubkiss, J., Valfrey-Visser, B. (2011) Guide méthodologique no. 6 : Financer la filière assainissement en Afrique subsaharienne, pS-Eau, France.
http://www.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=64&l=fr

Estienne, C., Hidri-Hellmann, S., Stephan, R. (2013) Étude d'assainissement en milieu rural au Maroc, Rapport de phase 2 : stratégie, Version provisoire, 15 mars 2013, Hydroconseil, Un projet, effectué par, Euronet Consortium, Contrat Cadre Bénéficiaires EuropeAid/127054/C/SER/Multi – Lot 6 Environnement, Demande N° 2012 / 291 867
Estienne, C., Hidri-Hellmann, S., Stepha, R. (2012) Étude d'assainissement en milieu rural au Maroc, Rapport de phase 1 : diagnostic
Frenoux, C., Gabert, J., Guillaume, M., Monvois, J. (2010). How to select appropriate technical solutions for sanitation - Guide 4 - Choisir des solutions techniques adaptées pour l'assainissement liquide (in English and French). pS-Eau, Paris, France.
<http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1724>

Heck, P. (2013). Elaboration d'une approche de gestion intégrée des ressources en eau non-conventionnelles, Basée sur l'analyse de la valeur potentielle des pratiques émergentes de l'épuration et de la valorisation des eaux usées au Maroc. IfaS, Université des Sciences Appliquées de Trèves - Umwelt-Campus Birkenfeld, Germany and AGIRE/GIZ Morocco.
<http://susana.org/lang-en/library/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1729>

JMP (2012) Progrès en matière d'alimentation en eau et d'assainissement : rapport 2012, OMS et UNICEF 2012,
http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/JMPReport_French.pdf

Khiyati, M. (2012). Estimation du coût de construction des systèmes d'assainissement écologiques rural - Projet Pilote Dayet Ifrah. Programme AGIRE, GIZ.
<http://www.susana.org/lang-en/library/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1730>

Luethi, C., Morel, A., Tilley, E., Ulrich, L. (2011). Community-Led Urban environmental sanitation planning: CLUES - Complete guidelines for decision-makers with 30 tools. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Switzerland, WSSCC, Geneva, Switzerland, and UN-HABITAT, Nairobi, Kenya.
<http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1300>

Morel and Diener (Eawag-Sandec) Greywater management in low and middle-income countries, review of different treatment systems for households or neighbourhoods 2006 susana.
<http://susana.org/lang-en/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=947>

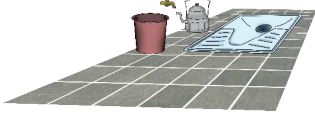
Moriarty, P. et al. (2011) Echelle d'évaluation du coût et de la qualité des services d'eau potable. IRC Centre International de l'Eau et l'Assainissement, Seconde édition.
<http://www.washcost.info/page/1764>

ONEP (2005). Guide pour l'assainissement liquide des douars marocains (in French) - Guide for sanitation (liquids) in Moroccan douars. Office National de l'eau potable (ONEP), Banque Mondiale, Maroc. <http://www.susana.org/lang-en/library/library?view=ccbktpeitem&type=2&id=1649>

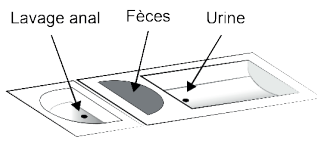
- Rockström, J., Nilsson Axberg, G., Falkenmark, M., Lannerstad, M., Rosemarin, A., Caldwell, I., Arvidson, A., Nordström, M. (2005). Sustainable Pathways to Attain the Millennium Development Goals - Assessing the Key Role of Water, Energy and Sanitation. SEI. <http://susana.org/lang-en/library?view=ccbctypeitem&type=2&id=254>
- SuSanA (2008). Vers des solutions d'assainissement plus durables (in French) - Towards more sustainable sanitation solutions - SuSanA Vision Document. Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA). <http://www.susana.org/lang-en/library/rm-susana-publications?view=ccbctypeitem&type=2&id=269>
- Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG). Duebendorf, Switzerland. <http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbctypeitem&type=2&id=1156>
- Wahaab, R. A., Omar, M. E. (2011) Wastewater Reuse in Egypt: Opportunities and Challenges (2011), General Director, Research & Development, Holding Company for Water & Wastewater (HCWW), Egypt.
- Wauthélet (2009) Mission d'expertise court-terme de Marc Wauthélet Consultant indépendant. Du 8 au 16 décembre 2009. <http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbctypeitem&type=2&id=1726>
- Xanthoulis, D. et al (2008). Curriculum on Low-Cost Wastewater Treatment - in French: Les techniques d'épuration des eaux usées à faibles coûts. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgium; EU project on Development of Teaching and Training Modules for Higher Education on Low-Cost Wastewater Treatment, Contract VN/Asia-Link/012. <http://www.susana.org/lang-en/library/library?view=ccbctypeitem&type=2&id=1725>
- Zurbrugg, C., Tilley, E. (2007). Evaluation of existing low cost conventional as well as innovative sanitation system and technologies - Netssaf deliverable D22&23. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG). Duebendorf, Switzerland. <http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbctypeitem&type=2&id=1350>

A scenic photograph of a rural landscape. In the foreground, a large, dark olive tree stands on the right, casting a shadow on the reddish-brown, rocky ground. The middle ground shows rolling hills with sparse vegetation and some small trees. In the background, a range of mountains is visible under a clear blue sky with a few wispy clouds. A white semi-transparent banner is overlaid across the middle of the image, containing the title text.

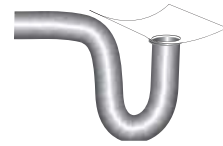
VIGNETTES DES TECHNIQUES D'ASSAINISSEMENT RURAL



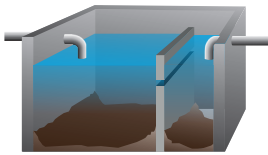
01 Cuvette simple sans chasse d'eau



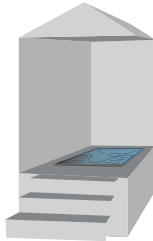
02 Cuvette à séparation d'urine sans chasse d'eau



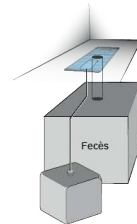
03 Cuvette à chasse manuelle ou mécanique



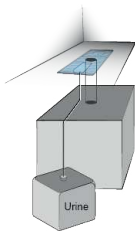
04 Fosse septique



05 Fosse simple



06 Chambre de déshydratation des fèces (pour la TDSU)



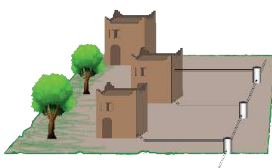
07 Stockage de l'urine



08 Vidange et transport manuels



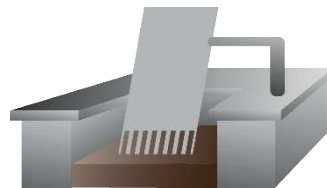
09 Vidange et transport motorisés



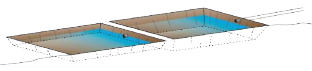
10 Réseau d'égout conventionnel



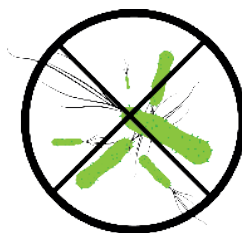
11 Réseaux d'égout non conventionnel



12 Prétraitement



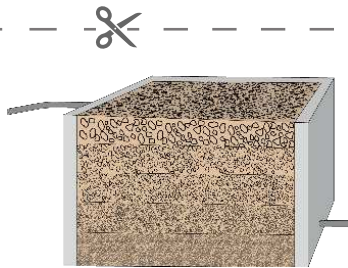
13 Bassins de lagunage



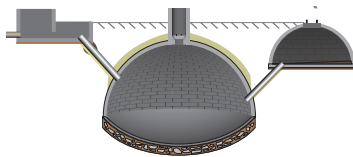
14 Hygiénisation des eaux usées traitées



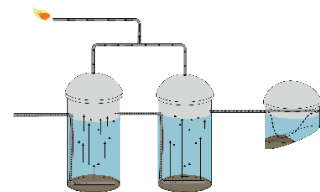
15 Filtre planté



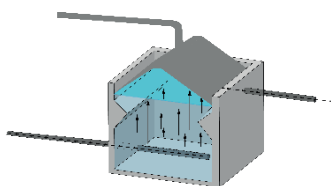
16 Filtre à sable et à gravier



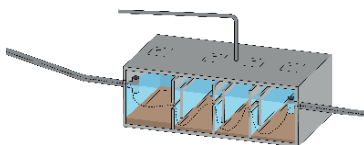
17 Digesteur classique



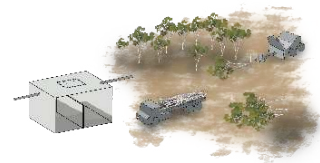
18 Réacteur Anaérobie à Flux Ascendant à Deux Etages



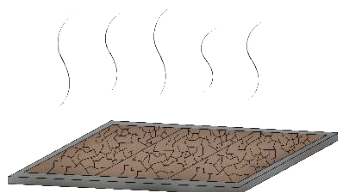
19 Réacteur anaérobie à lit de boues à flux ascendant (UASB)



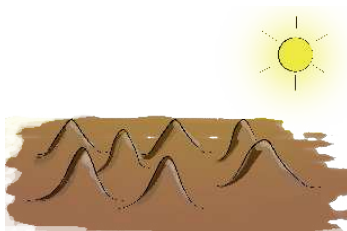
20 Réacteur anaérobie compartimenté



21 Plantation de biomasse



22 Lit de séchage des boues



23 (Co-) Compostage



24 Irrigation avec les eaux usées traitées



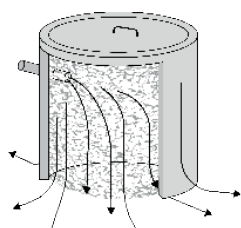
25 Epannage des boues et digestats



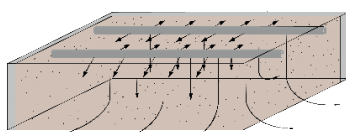
26 Fertilisation par l'urine



27 Fertilisation par des fèces déshydratées ou compostées



28 Puits d'infiltration



29 Tranchées et lit d'infiltration

