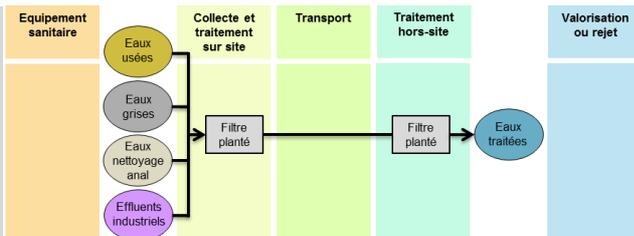


# 15 Filtre planté

## Traitement sur site et hors-site

Juin 2015



### 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, héliophyte, 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.

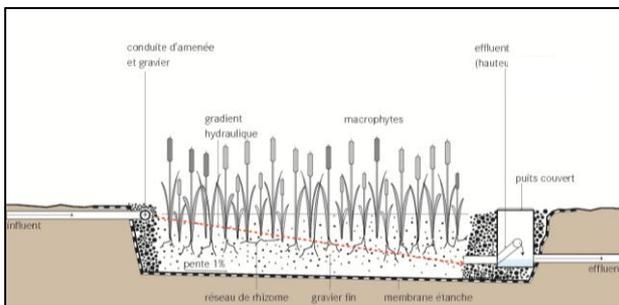


Figure 1: Forme du bassin, succession des composants, circuit de l'eau et gradient hydraulique dans un filtre planté à écoulement subsurface (de sous la surface) horizontal (source: Tilley et al., 2008).

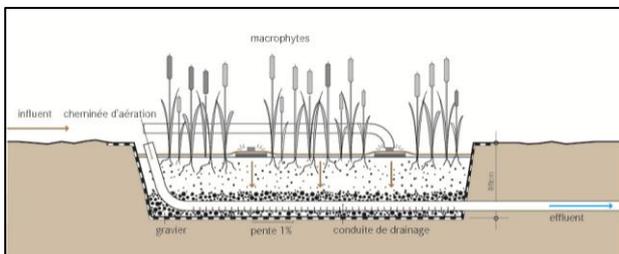


Figure 2: Forme du bassin, succession des composants et circuit de l'eau dans un filtre planté à écoulement subsurface vertical (source: Tilley et al., 2008).

### Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation*
Protection de la santé	Horizontal: +++ Vertical: ++**
Protection de l'environnement	+++
Facilité de mise en œuvre	+++
Robustesse de la technologie	+++
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	+++
Coûts et bénéfiques	++
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	+++

\* +++: Point fort de la technologie, ++: moyen, +: faible

\*\* Le filtre vertical avec dispersion des eaux sur la surface peut être plus risqué pour la santé (contacts directs).

### 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 particulière. 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.
- 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.
- 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.
- 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-AGIRE, 2012).

### Conditions d'application

- Le filtre planté est une technologie simple à mettre en place et à entretenir. Elle peut donc être largement appliquée dans toutes les régions. Les performances épuratoires sont élevées si le système est suffisamment grand; il faut donc disposer de surfaces suffisantes (3 m<sup>2</sup>/personne sous climats chauds à tempérés et 5 m<sup>2</sup>/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

<b>Performance du traitement primaire (pour eaux noires ou chargées)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le prétraitement doit pouvoir éliminer 60% des matières en suspension (MES) et 30 à 50% de la matière organique (demande biologique en oxygène, DBO).</li> <li>• Les fosses et bassins auront un volume de minimum une fois le volume quotidien en eaux (système collectif) à trois fois (système individuel).</li> </ul>
<b>Performance moyenne (taux d'élimination)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DBO: 80 à 90%; MES: 80 à 95%, N: env. 70%, P: jusque 90%</li> <li>• Coliformes fécaux: 99,00 à 99,99%; œufs pathogènes: 99 à 100%</li> </ul>
<b>Profondeur de lit</b>	De 0,4 à 0,6 m (à 1 m en filtre vertical).
<b>Coûts d'investissement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variables selon le type de sol, les coûts des matériaux, de la main d'œuvre et le type et la taille du filtre par habitant.</li> <li>• Coût par habitant: environ de 1000 à 2000 mad (91 à 182 euro) en zones à hiver froid à probablement moins de 500 mad (45 euro) en plaines</li> </ul>
<b>Coûts d'exploitation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• La récolte des plantes est aussi à considérer si on les exploite.</li> <li>• Le filtre planté lui-même fera l'objet de contrôles et nettoyages réguliers des tuyaux et chambres.</li> </ul>
<b>Durée de vie</b>	Estimée à minimum 20 ans.

<sup>a</sup> Source: Khlyati (2012).



## 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 m<sup>2</sup> en plaines et 5 m<sup>2</sup> en altitude pour les filtres horizontaux; la moitié serait suffisante pour des filtres verticaux.
- Plus précisément, le dimensionnement du filtre planté repose généralement sur des données empiriques traduites en surface couverte (m<sup>2</sup> de filtre/équivalent-habitant ou en gramme de DBO appliqué par m<sup>2</sup>/jour). La DBO ne devrait pas dépasser 10 g par m<sup>2</sup> et par jour.
- En général, le débit doit être au maximum de 20 à 40 litres d'eaux usées par m<sup>2</sup> et par jour.
- 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).

- 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 seront 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 m<sup>3</sup>/j des eaux grises du hammam de la ville d'El Attaouia sur une superficie de 200 m<sup>2</sup> avec filtre vertical à sable grossier planté de roseiers; et filtre horizontal à gravier et phragmites (source: El Hamouri, 2008).

## Entretien et maintenance

- L'entretien régulier des traitements préliminaires et primaires est très important et consistera 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'accumulent 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 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 poser des problèmes d'émission de mauvaises odeurs quand il fonctionne mal ou s'il est mal conduit.

### Avantages et inconvénients

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

### Exemples au Maroc

A notre connaissance, il n'existe pas, à l'heure actuelle, de projet de traitement à grande échelle basé sur le « filtre planté » au Maroc. Mais au moins deux projets pilotes ont été récemment menés au Maroc.

#### 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:

#### Filtre planté pour les eaux usées d'une école et d'une mosquée (env. 1 m<sup>3</sup> d'eaux usées/jour, 10 EH):

- Traitement primaire en digesteur (à dôme hémisphérique) de 4 m<sup>3</sup>.
- Filtre planté de roseaux (Phragmites) et fleurs (Canas): 50 m<sup>2</sup> (largeur: 5 m; Longueur: 10 m).
- Profondeur: 0,6 m.
- Deux types de graviers: 20 à 50 mm à l'entrée et 5 à 10 mm pour le reste.

- Le filtre planté est construit en béton avec mortier intérieur étanche.
- La combinaison du digesteur et du filtre planté permet des taux de dégradation importants: la matière organique est réduite de 98%, l'azote de 52% et le phosphore de 60%.

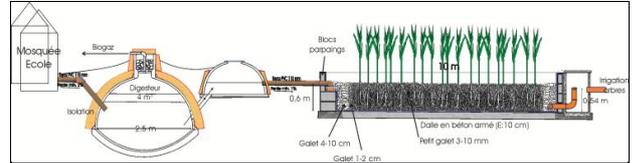


Figure 6: Coupe du système 'filtre planté' à Dayet Ifrah, école et mosquée (source: GIZ-AGIRE, 2011).

#### 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 m<sup>3</sup>/j et 120 EH sur base de DBO) qui a été testé entre avril 2007 et septembre 2013.

### Bibliographie

Les sources suivantes ont été prises en considération:

- (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). 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) Wauthélet, 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-qt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf](http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/2013-02-qt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf)
- (9) Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/qtzecosan/collections/>.

#### Mention légale:

- Auteurs: B. El Hamouri, M. Wauthélet, M. E. Khiyati, E. von Muenchen, S. Derouich, C. Werner
- Mise en forme: L. Herrmann, A. Schroeder
- Dernière mise à jour: Juin 2015, © GIZ/Programme AGIRE

Le présent document fait partie du guide d'assainissement rural et de valorisation des sous produits au Maroc, disponible sur: <http://www.agire-maroc.org> et [www.susana.org/library](http://www.susana.org/library)

Tout matériel émanant du Programme AGIRE est librement disponible selon le concept open-source pour un développement des connaissances et une utilisation non-lucrative aussi longtemps que les sources d'information utilisées sont convenablement citées. Les utilisateurs devraient toujours mentionner, dans leurs citations, l'auteur, la source et le détenteur des droits.