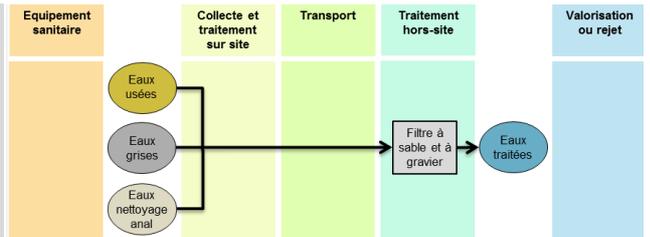


# 16 Filtre à sable et à gravier

## Traitement hors-site

Juin 2015



### Informations générales

Un filtre à sable (ou à gravier fin) est un système de traitement centralisé ou semi-centralisé pour les eaux usées. Un tel 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 quelques fois 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

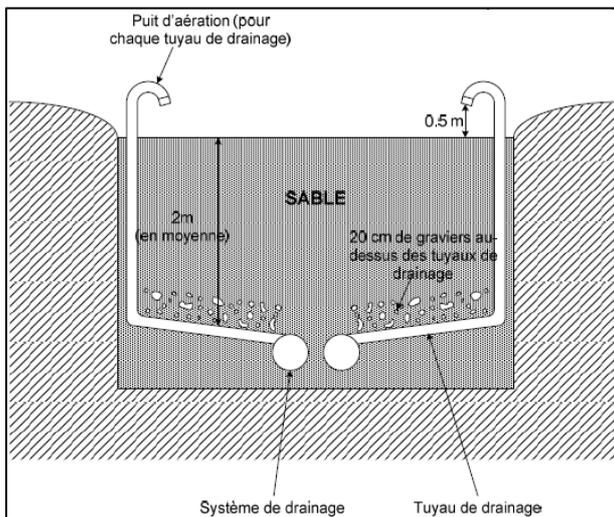


Figure 1: Exemple d'un filtre à sable utilisé à Ben Sergao (Agadir) (source: Xanthoulis et al., 2008).

### Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation*
Protection de la santé	++
Protection de l'environnement	+++
Facilité de mise en œuvre	++ <sup>a</sup>

Robustesse de la technologie	+++
Facilité d'exploitation, d'entretien et de maintenance	++ <sup>a</sup>
Coûts et bénéfices	+++ <sup>a</sup>
Facilité d'intégration dans le contexte socioculturel et institutionnel	++ <sup>a</sup>

\* +++: Point fort de la technologie, ++: moyen, +: faible  
<sup>a</sup> Si le sable est disponible localement à faible prix.

### 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 kg DBO/m<sup>2</sup>/j et les valeurs varient de 2,5 à plus de 10 g DBO/m<sup>2</sup>/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 Equivalent 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) sont prévus pour 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).
- En Tunisie et au Maroc, les eaux usées traitées par les filtres à sable sont utilisées en agriculture pour l'irrigation non restrictive ou la recharge en eau des aquifères.
- Si le sable fait défaut, des lits de graviers fins peuvent être utilisés. Ils sont alors dimensionnés comme des filtres verticaux plantés. Ils atteignent généralement 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).
- De plus, 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

<b>Dimensionnement / Conception</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les filtres de 1 à 2 m de profondeur sont les plus répandus.</li> <li>• La profondeur minimale satisfaisante rapportée est de 0,5 m.</li> </ul>
-------------------------------------	--

<b>Charge organique</b>	10 g DBO/m <sup>2</sup> /j (jusqu'à 20 g DBO/m <sup>2</sup> /j p.ex. à Agadir)
<b>Occupation du terrain</b>	1 à 2 m <sup>2</sup> par EH (+ chemins d'accès et berges)
<b>Capacité</b>	40 à 80 litres/m <sup>2</sup>
<b>Coûts d'investissement</b>	Celui-ci est généralement faible si le sable de qualité requise est disponible localement. Le coût dépend du prix du sable et des autres matériaux, du transport, du terrain et de la main d'œuvre.
<b>Coûts d'exploitation</b>	Selon la main d'œuvre pour l'entretien
<b>Durée de vie</b>	Plus de 20 ans

### Conception et construction

- 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) varie d'un filtre à l'autre et est généralement comprise entre 0,5 et 2 m.
- Des épaisseurs plus importantes sont parfois 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.
- La profondeur minimale satisfaisante rapportée est de 0,5 m. Des filtres de plus faibles profondeurs ont montré de bons abattements de DBO et de matières en suspension mais la faible profondeur a négativement affecté de manière significative le degré de nitrification et celui d'élimination des pathogènes.
- 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.



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



### Entretien et maintenance

- Selon la taille des filtres (de 10 à 10 000 EH), son fonctionnement et entretien nécessite de quelques minutes à plusieurs heures de travail par jour et peut être réalisé par un ouvrier non qualifié.
- S'il est de grande taille (système centralisé), le filtre à sable est une technologie de traitement qui doit être gérée et entretenue par des professionnels.
- Pour les filtres à sable de petites tailles, les propriétaires ou le personnel local doivent être formés à la gestion et avertis des risques.
- Les tâches de fonctionnement et de maintenance sont le suivi de la qualité des effluents de sortie, vérifier les systèmes de distribution et séquençage (entrée et sortie, tuyaux de distribution, pompes, etc.) et entretenir la surface du filtre par ratissage de la surface et enlèvement de la couche de boues sèches.
- Entretenir 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 largeur râteliers 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 doivent être munis 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 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 et les insectes peuvent gêner fortement le voisinage.

### Acceptabilité

- Cette technologie est généralement bien acceptée par les utilisateurs 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. Wauthélet, 2001). Le résidu observé à la surface du filtre est principalement composé d'algues séchées.

### Avantages et inconvénients

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

### Exemples au Maroc

- 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 m<sup>3</sup> d'eaux usées par jour). Après dégrillage, le traitement primaire consiste en un bassin de décantation anaérobie de 1500 m<sup>3</sup>



(profondeur: 3 m à 4 m). Les 5 filtres à sable ont une superficie totale de 7500 m<sup>2</sup>; 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 m<sup>3</sup> de boues sont enlevés du bassin de décantation tous les 16 mois. Le projet (400.000 euros en 1988) a été appuyé par l'Agence Française de Développement (conception et financement) et ensuite par la GTZ (collecte et utilisation du biogaz produit par le bassin anaérobie, 150 m<sup>3</sup>/j, en groupe électrogène 10 kVA, et tests techniques d'épuration).

- 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 m<sup>3</sup>) et traitent au total 50.000 m<sup>3</sup> d'eaux usées/jour. Environ 3000 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> d'eaux subissent quant à eux un traitement secondaire en filtres à sable (24 unités de 5000 m<sup>2</sup>, soit 1,2 m<sup>2</sup>/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 ratisées et évacuées par brouettes.

#### Mention légale:

- Auteurs: M. Wauthélet, E. von Muench, B. El Hamouri, B. Soudi, M. E. Khyati, 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.

#### Bibliographie

Les sources suivantes ont été prises en considération:

- (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) Grella, 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) Ibariyouen, 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](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/>