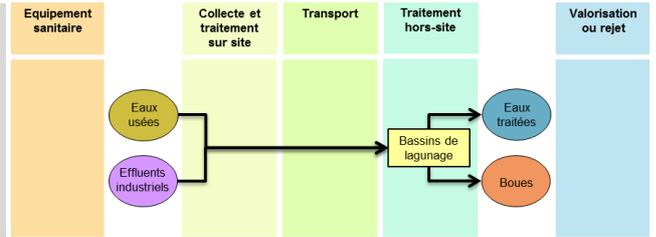


# 13 Bassins de lagunage

## Traitement hors-site

Juin 2015



### Informations générales

Les bassins de lagunage sont de grands plans d'eau artificiels. Les bassins sont remplis d'eaux usées qui sont alors traitées par des processus naturels. Les bassins 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 stabilization ponds, lagoons



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.
  - La conception réelle dépendra des caractéristiques des eaux usées et de la charge; un manuel complet de conception devrait être consulté pour tous les types de bassins.
  - Les bactéries anaérobies convertissent le carbone organique en méthane et en CO<sub>2</sub> 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 aérobies 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 aérobies et anaérobies travaillent ensemble pour atteindre des réductions de DBO pouvant atteindre 75%.
  - Le bassin devrait être construit à une profondeur de 1 à 2,5 m, et avoir un temps de rétention entre 5 à 30 jours.

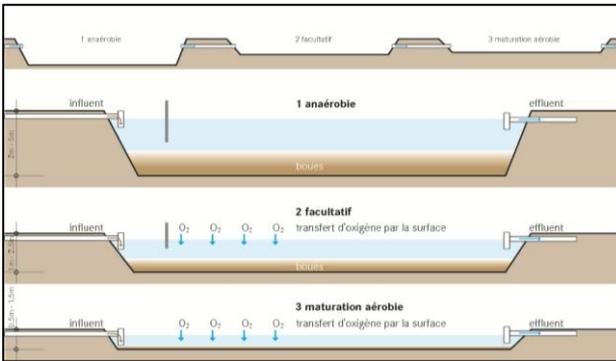


Figure 1: Schéma typique d'un système de lagunage: un bassin anaérobie, un bassin facultatif et un bassin pour la maturation aérobie en série (source: Tilley et al., 2008). Les bassins illustrés par le schéma de principe suivant sont juxtaposés mais en réalité ils sont disposés en série.

### Impacts et durabilité

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

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



- Après les bassins anaérobies et facultatifs, peuvent être réalisés autant de bassins **aérobies** (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).
- 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).

### Conditions d'application

- Les bassins de lagunage fonctionnent dans la plupart des climats, mais sont les 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 ouverts, 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 (voir SEEE, 2007, dernière page) en cas de maturation efficace), ii) les boues

stabilisées. Les boues évacuées du bassin anaérobie représentent en fait un mélange de boues stabilisées et des 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

<b>Dimensionnement/Conception</b>	<p><b>Bassin anaérobie:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Profondeur: 2 à 5 m</li> <li>• Temps de rétention hydraulique: 1 à 3 jours</li> </ul> <p><b>Bassin facultatif:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Profondeur: 1 à 2,5 m</li> <li>• Temps de rétention hydraulique: 5 à 30 jours</li> </ul> <p><b>Bassin aérobie:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Profondeur: 0,5 à 1,5 m</li> <li>• Temps de rétention hydraulique: 15 à 20 jours</li> </ul> <p>Temps de rétention hydraulique total: 20 à 60 jours</p>
<b>Performance</b>	<p><b>Bassin anaérobie:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réductions de DBO (demande biochimique en oxygène) jusqu'à 60%</li> </ul> <p><b>Bassin facultatif:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réductions de DBO jusqu'à 75%</li> </ul> <p><b>Total:</b></p> <p>Elimination de 90% de DBO et MES (matières en suspension) et réduction des pathogènes. En plus, réduction de la DBO (plus de 50%), pertes en azote.</p>
<b>Fréquence pour vidanger les bassins</b>	Bassin anaérobie: tous les 1 à 2 an(s)
<b>Coûts d'investissement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variable selon la nature géotechnique et topographique du site, de la taille des centres, le coût des matériaux de construction, de la main d'œuvre, des terrassements, du foncier et de la distance par rapport aux points d'approvisionnement aux matériaux et équipement nécessaire.</li> <li>• Valeur typique moyenne en Maroc: 300 mad/habitant (27 euro/habitant) (petits et moyens centres urbains)<sup>a</sup></li> </ul>



<b>Coûts d'exploitation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Selon le coût de main d'œuvre, le pompage (électricité), le coût pour le curage des bassins, entretien des espaces verts (gardiennage)</li><li>• Coût faible comparativement aux systèmes intensifs comme les boues activées</li></ul>
<b>Durée de vie</b>	25 à 50 ans

<sup>a</sup> Source: 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 d'eaux usées à traiter et leur composition, le temps de séjour total voir « chiffres clés » dans le système, 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.
- Attention: à priori, le lagunage est vu comme une technologie 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 devraient aussi être curés tous les 10 à 20 ans.
- Les lits de séchage des boues est une technologie commune associée à cette technologie (voir la fiche technique sur les lits de séchage).
- 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 déshydratés sont très minéralisées et ne se prêtent pas à une valorisation énergétique à cause de leur faible pouvoir calorifique inférieur.

### Entretien et maintenance

- Pour éviter la formation d'écumes, d'un excès de solides et d'ordures dans les bassins, le prétraitement (avec des pièges à graisse) est essentiel pour l'entretien.
- Les bassins doivent être vidangés tous les 10 à 20 ans et plus fréquemment pour le premier.

- Une clôture devrait être installée pour s'assurer que les gens et les animaux restent hors du site et que les excès d'ordures n'entrent pas dans les bassins.
- Les rongeurs peuvent envahir la digue de protection et endommager le recouvrement.
- 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). Deux personnes ou plus sont normalement en charge de l'exploitation d'un site de grande taille.

### Aspects sanitaires et environnementaux

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

### Acceptabilité

- En général, cette technologie ne pose pas de problème d'acceptabilité. Toutefois, il est recommandé de l'installer loin des habitations et en tenant compte de la direction des vents pour éviter les nuisances olfactives.
- En principe ces aspects sont pris en charge par l'Etude d'impact sur l'environnement (EIE) avant la mise en place de la station d'épuration.

### Avantages et inconvénients

<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construction et réparation sont possibles avec des matériaux locaux et peuvent fournir de l'emploi à court terme aux travailleurs locaux.</li><li>• Faible frais d'exploitation et les coûts d'investissements sont plus faibles comparées aux systèmes intensifs (liés au prix du foncier).</li><li>• Faible production de boues comparée au procédé par boues activées.</li><li>• Une forte efficacité pour l'élimination des pathogènes est possible avec les bassins de maturation.</li><li>• Aucune source d'énergie électrique n'est nécessaire.</li><li>• Pour le Maroc: les conditions climatiques sont favorables grâce aux conditions thermiques favorables au processus biologique d'épuration.</li><li>• 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.</li><li>• Les boues sont stabilisées, elles sont réutilisables en tant que fumure organique pour les sols agricoles après un long séchage.</li></ul>
------------------	--

**Inconvénients**

- Odeurs importantes au bassin anaérobie. Mouches si le processus n'est pas contrôlé correctement.
- Forte emprise foncière.
- Un suivi et un entretien très réguliers du système sont indispensables.
- Un traitement des boues produites en aval est nécessaire (par lit de séchage solaire ou planté, complété par un compostage).
- L'utilisation des effluents et des boues est possible mais dans des conditions restrictives.
- La technologie n'est pas optimale pour la valorisation des eaux usées traitées car on assiste à une perte par évaporation notamment dans les régions chaudes.
- Courage des bassins souvent difficile et nécessitant 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. Ce procédé qui domine au Maroc, à raison de 68% pour les stations d'épuration (STEP) existantes et de 53% pour les STEP en cours.
- Les leçons tirées montrent qu'au Maroc, 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 de consommation de terrains, les émanations des odeurs et l'envasement des bassins anaérobies constituent des contraintes majeures. Le curage des boues reste très problématique.
- Plusieurs stations de lagunage sont existantes et en cours au Maroc 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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/j: bassins de lagunage avec traitement tertiaire (par des bassins de maturation et une filtration sur sable qui est prévue).
- 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 EH30 (la plus grande STEP en lagunage aéré présente une capacité de 500.000 EH30). - A noter: « EH30 » est l'équivalent habitant basé sur 30 g de DBO<sub>5</sub>/jour (attention en Europe c'est 60 g).



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

**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/w>
- (3) Chalabi, A. (2014) Communication personnelle, Chef de Département de l'Environnement au CID (Conseil, Ingénierie et Développement), Maroc
- (4) Ismaili, A. 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.
- (5) 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>
- (6) 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, rapport pour FAO, Morocco, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2013>
- (7) 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>
- (8) UNESCO (2008). Traitement des Eaux Usées par Lagunage. Bureau de l'UNESCO à Rabat, Bureau Multipays pour le Maghreb, <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1645>
- (9) Base de données photographique de SuSanA <http://www.flickr.com/photos/qtzecosan/collections/>
- (10) Liste de documents (contient documents dans la partie 1a « aspects techniques de l'assainissement » sur les bassins de lagunage) [http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user\\_files/2013-02-gt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf](http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/2013-02-gt-pnar/2013-05-14-liste-de-documents-GT-Herrmann.pdf)

**Mention légale:**

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