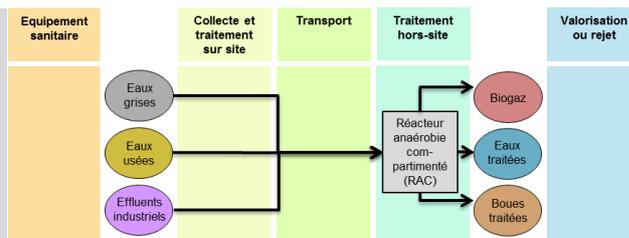


20 Réacteur anaérobie compartimenté (RAC)

Traitement hors-site et sur site

Juin 2015



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 couler. 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)

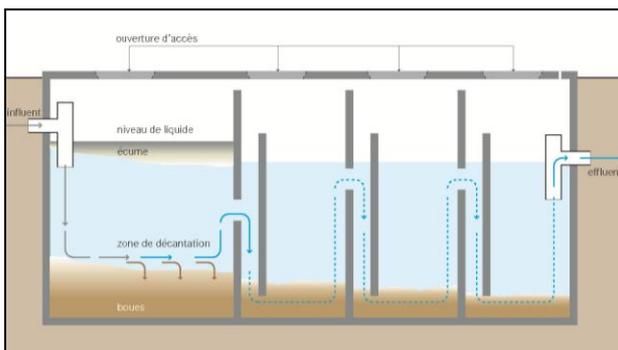


Figure 1: Coupe longitudinale montrant le circuit de la boue et de l'eau dans le RAC (source: Tilley et al., 2008). A noter: les couvercles peuvent être scellés et munis de tuyaux pour collecter le biogaz produit.

Impacts et durabilité

Critères de durabilité	Appréciation*
Protection de la santé	++
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

Principes de base

- La grande partie des matières décantables se dépose dans la chambre de sédimentation, située dans le 1^{er} compartiment du RAC. Cette dernière peut représenter par exemple 50% du volume total du RAC.
- 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 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'êtreensemencé par des bactéries actives.
- Le RAC peut être installé dans tous les types de climat bien que l'efficacité soit affectée dans les climats froids.
- 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 connecté aux toilettes d'une école péri-urbaine en Lusaka, Zambie. Le RAC (en avant plan) est précédé d'un digesteur et est suivi 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 de la capacité du RAC 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 technologies plus sophistiquées (UASB ou boues activées par exemple)
Coûts d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • Coût de vidange et d'évacuation des boues vers un site approprié • Comparables au coût de vidange des fosses septiques
Durée de vie	Plus de 20 ans

Conception et construction

- En plus des critères donnés dans les chiffres clés, le nombre de chambres ou compartiments à flux ascendant doit être au moins de trois mais est parfois beaucoup plus élevé.
- 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.



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 technicien pour la conduite des RAC des grandes installations.
- Les principales opérations d'exploitation sont la vérification du niveau des solides dans le réacteur et lavidange 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

- Cette technologie est généralement bien acceptée par les utilisateurs parce qu'on assiste à aucune nuisance visuelle olfactive étant donnée l'enterrement de l'ouvrage.

Avantages et inconvénients

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Frais d'investissement modérés, frais d'exploitation faibles selon le mode de vidange; peut être à faible coût selon le nombre d'utilisateurs. • 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 excréta. Idem pour des eaux agro-industrielles. • Absence d'odeurs. Aucun problème réel avec les mouches ou les odeurs si 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"> • Requier 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 une expertise pour la conception et la construction. • Les boues nécessitent un traitement de stabilisation et/ou mise en décharge appropriés. • Peut nécessiter un pompage si l'on veut un débit régulier et si les pentes sont faibles.

Exemples au Maroc

A notre connaissance, cette technologie 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

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). 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/>

Note: un complément d'information sur le RAC peut être trouvé avec le terme de recherche « DEWATS » qui signifie « Decentralized Wastewater Treatment Solutions » en anglais et qui est un nom donné par BORDA, un organisme allemand. Les propositions de DEWATS reposent sur quatre modules techniques de traitement qui sont combinés selon le besoin:

- Traitement primaire: sédimentation et flottation
- Traitement anaérobie secondaire dans un réacteur anaérobie à lit fixe, un réacteur anaérobie à chicanes (RAC) ou un filtre anaérobie.
- Traitement tertiaire dans un lit à écoulement subsurfacique
- Traitement aérobie dans des bassins de finition.

Mention légale:

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

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.