

MEDA Water

Collège d'Alfred  
UNIVERSITÉ  
de GUELPH

# CENTRE DE FORMATION ET DE DÉMONSTRATION DE L'IAV HASSAN II-RABAT

## TRAINING AND DEMONSTRATION CENTER IAV HASSAN II-RABAT

De Bouchaïb El Hamouri et Martin Regelsberger\*

Qu'est ce que le Training and demonstration Center IAV – Rabat?

Il s'agit d'une structure d'enseignement, de recherche, de démonstration et de formation continue rattachée au Département de Génie Rural (DGR) de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II à Rabat. Elle est dotée de moyens et d'une infrastructure-pilote orientée vers l'épuration des eaux usées et leur réutilisation notamment en milieu rural. La majeure partie des investissements consentis pour l'acquisition de nouveaux équipements et pour le fonctionnement des installations a été mobilisée dans le cadre du projet MEDA Eau financé par l'Union Européenne et dans le cadre du projet partenariats Universitaires en Coopération et développement (PUCD) financé par l'ACDI (Canada).

\* Prof. **Bouchaïb El Hamouri**, professeur pour le traitement des eaux usées au Département du Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV), Rabat, Maroc, Tel. +00212 37 / 77 75 64 ; Fax +00212 37 / 77 75 64 ; [b.elhamouri@iav.ac.ma](mailto:b.elhamouri@iav.ac.ma)

Dipl.-Ing. **Martin Regelsberger**, chef du département Eau chez AEE INTEC, Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf Austria Tel. +43 (3112) 5886-50; Fax +43 (3112) 5886-51; [m.regelsberger@ae.at](mailto:m.regelsberger@ae.at)

### Mention of Authors

Prof. **Bouchaïb El Hamouri**, professor for wastewater treatment at the Department for Rural Engineering of the Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV), Rabat, Maroc, Tel. +00212 37 / 77 75 64 ; Fax +00212 37 / 77 75 64 ; [b.elhamouri@iav.ac.ma](mailto:b.elhamouri@iav.ac.ma)

Dipl.-Ing. **Martin Regelsberger**, Head of the Water Department at AEE INTEC, Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf Austria Tel. +43 (3112) 5886-50; Fax +43 (3112) 5886-51; [m.regelsberger@ae.at](mailto:m.regelsberger@ae.at)



L'activité du centre peut être décrite en se référant aux divers types d'eau récupérés soit à partir du campus lui-même soit à partir du Club de l'Association Culturelle et Sportive de l'Agriculture (ACSA), voisin limitrophe du campus de l'IAV Hassan II.

Signalons que la ville de Rabat est située dans le Nord-Ouest du Maroc sur le littoral atlantique (latitude 30°03' N, longitude 6°46' W) à une altitude de 73 m en moyenne et la température moyenne est de 14 et 24°C respectivement pour la saison froide et saison chaude.

## DESCRIPTION DE L'INFRASTRUCTURE PILOTE

L'infrastructure pilote comporte des réseaux de collecte et de recyclage des eaux épurées, trois unités d'épuration, deux prototypes de technologie compacte à boues activées l'un à membrane et le second un réacteur biologique séquentiel, un terrain réservé aux expérimentations sur l'irrigation (réutilisation eau et boues) et sur l'arrosage des espaces verts et un laboratoire d'analyse des eaux.

## LES RÉSEAUX

### RÉSEAU «EAUX MIXTES»

Par eau mixte, il est entendu une eau usée telle qu'elle existe dans la plupart des ménages où les eaux des lavabos, de la baignoire, des douches, du bidet, de la lessiveuse, de la cuisine et des toilettes sont réunies dans la même conduite d'évacuation.

Le réseau «eau mixte» collecte les eaux usées de l'ACSA et celles du campus. Ces dernières englobant la résidence des étudiants, les locaux de l'administration, ceux réservés à l'enseignement et les laboratoires de recherche. Deux grands restaurants sont exploités l'un pour les étudiants et le second au niveau de l'ACSA. Les eaux usées sont interceptées à la sortie du campus avant le rejet dans le réseau municipal puis pompées sur 1000 m et 11 m de dénivelée jusqu'au site de la station d'épuration des eaux usées «STEP eau mixte».

### RÉSEAU «EAUX GRISES»

Le réseau «eau grise» est réalisé au niveau de l'ACSA, les eaux grises étant définies comme celles issues des lavabos, de la baignoire, des douches et de la lessiveuse; celles provenant des toilettes, du bidet et de

la cuisine, les «eaux noires», sont récupérées séparément à l'aide d'une seconde conduite d'évacuation.

Dans le cas de ce projet, les eaux grises sont exclusivement issues des douches associées à la salle de gymnastique du club. Ces eaux sont collectées puis acheminées à l'IAV pour être épurées dans trois systèmes différents:

- Filtre planté de roseaux + filtre à sable + désinfection UV
- Unité compacte type «réacteur membranaire»
- Unité compacte réacteur biologique séquentiel.

Le filtre planté est situé dans le site expérimental de la station d'épuration eau mixte et les deux machines compactes dans le laboratoire du Département de génie rural (DGR).

## RÉSEAU DE STOCKAGE ET DE RECYCLAGE DES EAUX GRISES

Les eaux grises épurées et désinfectées sont stockées puis recyclées vers les chasses de toilettes du DGR (ces eaux auront, en bout de cycle, servi trois fois consécutives la première comme eau de douche, la deuxième comme eau de chasse d'eau et la troisième comme eau mixte épurée réutilisée en irrigation ou en arrosage des espaces verts).

## RÉSEAU DE COLLECTE DE L'EAU DE PLUIE DE LA TOITURE DU DGR

Un réseau de collecte et de stockage des eaux de pluies de la toiture du DGR est mis en place en vue d'une utilisation de ces eaux pour les nettoyages divers et la chasse d'eau des toilettes. Des recherches sur leur qualité seront menées pour déterminer si elles pourront être utilisées comme eau de cuisine et de boisson.

## LES INSTALLATIONS D'ÉPURATION

Les installations construites sont adaptées au type d'eau comme expliqué plus haut qui sont l'eau mixte et l'eau grise.

### ÉPURATION DES EAUX MIXTES

La quantité d'eau mixte récupérée atteint  $60 \text{ m}^3/\text{jour}$  dont 50 sont épurés dans la station d'épuration (STEP) «réacteur anaérobie et chenal algal» et  $10 \text{ m}^3/\text{jour}$  dans la STEP «filtre planté de roseaux, type hybride V/H/V (écoulement Vertical/écoulement Horizontal/écoulement Vertical nitrification/dénitrification). Ce partage est appelé à évoluer rapidement vers un rapport de  $40 \text{ m}^3/\text{j}$  pour la première et 20 pour la deuxième filière de traitement.

### Réacteur anaérobie-chenal algal-maturation

La STEP comporte deux parties

- Unité de prétraitement ou RAFADE

Le prétraitement développé à l'IAV est un réacteur anaérobie à flux ascendant et à deux étapes (RAFADE, figure 1) entièrement couvert. Il s'agit de deux bassins



Figure 1:  
**PRÉTRAITEMENT  
PAR DIGESTION  
ANÉROBIE, RAFADÉ**

de forme cylindrique placés en série et ayant un diamètre de 3 m et une profondeur de 5 m.

Le biogaz est collecté du RAFADÉ à l'aide de deux coupoles fabriquées en polyester résistant aux acides. La base de ces couvercles est insérée dans un canal qui entoure le réacteur et qui a 0,40 m de large et 0,40 m de profondeur qui sert de joint d'étanchéité. Ce canal est rempli d'effluent épuré recyclé (voir El Hamouri 2004 et El Hafiane and El Hamouri, 2005).

- Unité de post-traitement:

L'unité de post-traitement comprend un chenal algal et un bassin de maturation.

- Chenal algal

Le chenal utilisé dans le TDC a une surface de  $395 \text{ m}^2$  et une profondeur de 0,50 m. Le temps de séjour est de 3 jours environ (voir figure 2).

- Bassin de maturation

Un seul bassin de maturation est adopté avec les dimensions de  $17 \text{ m} \times 7 \text{ m}$  et une profondeur de 1 m d'eau

Figure 2:  
**VUE DU CHENAL  
ALGAL**





Figure 3:  
**FILTRE PLANTÉ  
PRÉTRAITEMENT,  
ÉCOULEMENT  
VERTICAL**

et un temps de séjour de 1,5 jour (voir El Hamouri 2004 et El Hafiane and El Hamouri, 2005).

#### Filtre planté de roseaux (hybride-V/H/V) avec nitrification/dénitrification

Cette station reçoit l'eau usée brute après dégrillage et dessablage. Elle est alimentée par bâchées grâce à un siphon auto-amorçable capable de délivrer un volume de 1.6 m<sup>3</sup> en 6 minutes. La STEP comporte trois stades consécutifs:

- Le premier stade est formé de trois filtres placés en parallèle, à écoulement vertical et plantés de *Phragmites australis*. Chacun des trois filtres est alimenté d'eau usée brute pendant 4 jours consécutifs avant d'être mis au repos pendant 8 jours (voir figure 3).
- Le second stade comporte trois filtres à écoulement horizontal en parallèle dont deux sont plantés de phragmites et un sans plantes pour servir de témoin (voir figures 4).

Figure 4:  
**FILTRE PLANTÉ  
ÉCOULEMENT  
HORIZONTAL**



- Le troisième stade (stade de nitrification) est à écoulement vertical non planté. L'effluent de ce troisième stade est partagé en deux parties égales (50/50) dont une partie est recyclée sur les filtres horizontaux pour dénitrification.

#### EPURATION DES EAUX GRISES

L'eau grise est épurée dans trois systèmes différents:

- **Filtre planté – filtre sable-désinfection UV (8 m<sup>3</sup>/j)**  
Le système est constitué de deux compartiments. Le premier consiste en un filtre gravier à flux horizontal planté de *Phragmites australis* (figure 5) alors que le second est un filtre de sables multicouches à flux vertical.



Figure 5:  
**FILTRE PLANTÉ POUR LE TRAITEMENT DES EAUX GRISES**

- **Réacteur à membrane (membrane bioreactor, MBR)**

Il s'agit d'une unité compacte BUSSE ayant les caractéristiques suivantes:

Volume traité: .....	~ 675 L
Nombre de cycles: .....	8/j
Durée du cycle: .....	3 heures
Temps de contact: .....	25 min
Bloc membrane	
Surface: .....	5 m <sup>2</sup>
Diamètre nominal des pores: .....	0,4 µm
Complexe de Polyélectrolytes (PEC) COBOTA	

- **Réacteur biologique séquentiel (Sequencing batch reactor, SBR)**

Il s'agit d'une unité compacte de marque PONTOS AquaCycle 900 ayant les caractéristiques suivantes:

Volume traité: .....	~ 850 L/j
Nombre de cycles: .....	7/j
Temps de réaction: .....	3 h
Mode d'aération: .....	5 min d'aération ..... + 3 min sans aération
Durée de sédimentation: .....	20 min
Intervalle d'extraction des sédiments: .....	4 j
Temps de préchauffage de la lampe UV: ...	2 mn

## TERRAIN D'EXPÉRIMENTATION -IRRIGATION ET ARROSAGE DES ESPACES VERTS-

Un terrain juxtaposant le site des STEP ayant une superficie d'1 ha est équipé d'un réseau d'irrigation alimenté en eau épurée. Il permet de mener des expérimentations sur la réutilisation des eaux en irrigation et en arrosage des espaces verts. Les expérimentations sur l'utilisation des boues stabilisées vont également être menées sur le site.

## LABORATOIRE D'ANALYSE DES EAUX

Le laboratoire est situé dans le bâtiment du DGR. Il est équipé pour le suivi des performances des STEP. Les réacteurs MBR et SBR sont placés dans ce laboratoire pour les mettre dans les conditions de fonctionnement pour lesquelles ils ont été mis au point, à savoir les sous-sols d'habitations individuelles ou d'hôtels. Des analyses complémentaires relatives au sol et aux plantes peuvent être effectuées dans les laboratoires du Service des Expérimentations, des Essais et de la Normalisation (SEEN) de la Direction de Développement et de Gestion de l'Irrigation (DDGI) de l'Administration du Génie Rural (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural).

## STAGES, DÉMONSTRATIONS ET FORMATION CONTINUE

### STAGES

De nombreux stagiaires nationaux et étrangers, provenant d'Allemagne, du Canada, d'Espagne, de Tunisie et des USA, séjournent dans le TDC-IAV de Rabat. Les institutions qui financent ces stagiaires trouvent dans le TDC de Rabat la complémentarité entre:

- Installations prototype (un cran au-dessus des pilotes de laboratoire),
- une eau usée disponible et variée (eau mixte, eau grise)
- laboratoire d'analyse des eaux.

En même temps, le TDC accueille annuellement de trois à six étudiants de dernière année de l'IAV spécialité Génie Rural pour leurs travaux de fin d'études.

### VISITES DES DÉCIDEURS, DES RESPONSABLES ADMINISTRATIFS ET DES OPÉRATEURS PRIVÉS

Des visites sont régulièrement organisées pour des présidents de Conseils Municipaux (maires), pour des responsables de l'Administration centrale et régionale ainsi que pour des représentants des opérateurs privés du secteur de l'assainissement liquide. L'objet de telles visites étant de montrer aux visiteurs le rôle que peuvent jouer des projets comme Zer0-M dans l'introduction de nouvelles approches et de nouveaux concepts pour la gestion des ressources en eau et de



Figure 6:  
**COURS DE  
FORMATION  
CONTINUE,  
TRAVAUX  
PRATIQUES AU  
LABORATOIRE  
DU DGR**

l'assainissement liquide. Ils ont en même temps l'occasion de se rendre compte des nouvelles techniques et de leurs avantages en matière de gestion économe de l'eau. Les ingénieurs de demain et les chercheurs doivent, dès à présent, prendre en compte ces concepts afin de les mettre en œuvre quand ils seront imposés par la rareté de la ressource.

### COURS DE FORMATION CONTINUE

Des cours de formation continue pour ingénieurs et techniciens sont organisés chaque année avec des thèmes centrés notamment sur l'assainissement écologique durable et sur les solutions adaptées au monde rural. Le cours organisé en mai 2007 (figure 6) intitulée «Collecte, épuration et réutilisation des eaux usées des communautés rurales» était notamment animé par Duncun Mara (Université de Leeds, UK), Edward McBean et Christopher Kinsely (Université de Guelph, Canada), Pascal Molle (Cemagref-Lyon) et Martin Regelsberger (AEE INTEC, Autriche).

La particularité des cours de formation continue organisés par le TDC-IAV est la possibilité offerte aux participants de travailler sur les installations d'épuration, de prélever des échantillons, de les analyser et d'établir eux-mêmes les performances de ces installations. De plus, le travail pratique donne une idée précise des détails techniques de ces installations ainsi que de leur gestion quotidienne que les cours théoriques rendent rarement.

### MONITORING

Le monitoring pour la détermination des performances des filières ainsi que le suivi du comportement des ouvrages d'épuration (durabilité) est une tâche quasi quotidienne au TDC de Rabat. Ce programme de monitoring est accordé avec les autres partenaires exploitant un TDC.

### MESURES *in situ*

Des appareils portatifs (oxymètres, conductivimètre, pH-mètre etc) sont utilisés pour le suivi de certains paramètres de pollution dans les ouvrages.

## ECHANTILLONNAGE ET ANALYSES EN LABORATOIRE

Des campagnes de prélèvement d'échantillons (échantillons ponctuels ou composites) sont organisées toutes les semaines en fonction des capacités d'analyses du laboratoire et des besoins des étudiants-chercheurs.

À côté des paramètres physico-chimiques d'importance, un suivi bactériologique et parasitologique des eaux grises et des eaux mixtes traitées est adopté. Il s'agit là de l'une des composantes principales du programme de monitoring du TDC car ce sont les concentrations des coliformes fécaux et des œufs d'helminthes qui les premiers attirent l'attention des utilisateurs pour des raisons évidentes de santé publique.

## L'APPROCHE DÉCENTRALISÉE DE L'ASSAINISSEMENT LIQUIDE EST-ELLE POSSIBLE?

La réponse est oui. En effet, l'expérience du TDC de l'IAV Hassan II de Rabat, menée depuis 1997, démontre que le concept de la station satellite, indépendante est avantageux. Construites au milieu du tissu urbain, ce type d'installations ne nuit pas à l'environnement local et permet de garder l'eau mobilisée dans la zone concernée. De cette façon, le coût d'une réutilisation des eaux usées épurées en milieu urbain pour l'arrosage des espaces verts et le lavage de la voirie se trouve réduit. En effet, cette approche permet d'éviter le pompage sur de longues distances pour ramener l'eau épurée des STEP généralement éloignées des tissus urbains.

Un deuxième niveau de décentralisation s'ouvre avec la collecte séparée des eaux grises, comme pratiquée au club de l'ACSA. Le traitement de ces eaux très légèrement polluées demande peu d'espace et peut se faire à domicile, dans des immeubles ou des bâtiments du tourisme. Les eaux épurées sont aptes à la réutilisation à des fins domestiques, comme le démontre le DGR dans les toilettes de son bâtiment. Ces toilettes fonctionnent sans problème depuis plus d'un an maintenant avec de l'eau grise épurée et désinfectée. Cette option sera à examiner notamment pour les centres ruraux à population dense. Un projet pilote de ce type est actuellement en préparation et sera à observer de près. C'est également une option pour tous les bâtiments touristiques. À long terme il sera même envisageable de chercher des solutions pour l'intégration de cette technique dans les zones urbaines, au cours de travaux de réhabilitation de bâtiments ou de quartiers par exemple.

D'autres techniques décentralisées seront probablement nécessaires dans le monde rural proprement dit, notamment en ce qui concerne le traitement des matières fécales à domicile, dans le cas où il n'y a pas de système de collecte des eaux usées. Le projet Zer0-M travaille sur ces techniques également. Une toilette à compost sera implantée dans le TDC-IAV.

## CONCLUSION

Le TDC-IAV sert de démonstration pour une nouvelle approche de recyclage et de gestion économe des eaux et des substances nutritives provenant de ménages. Des exemples de nouvelles techniques, à une échelle réelle mais dans un contexte de recherche et de monitoring étroit sont installés et exploités. Des séminaires et des travaux d'étudiants-chercheurs permettent la diffusion de ces techniques, de façon d'autant plus efficace que les installations peuvent être visitées, testées et mises à l'épreuve sur place par les participants.

Les TDC permettent en même temps à la recherche dans ce domaine de développer de nouvelles solutions et une approche adaptée à la situation locale et aux problèmes rencontrés au Maroc et dans les pays limitrophes.

À long terme, ces recherches doivent mener au développement d'une gestion de l'eau à domicile et des techniques sanitaires adaptées aux pays de la Méditerranée, déterminées par la rareté de l'eau, plutôt que d'emprunter des techniques de régions dont la caractéristique principale est une surabondance d'eau. Le TDC-IAV est une unité de recherche parmi quatre dans le projet Zer0-M, les autres se trouvant en Turquie, en Egypte et en Tunisie. Grâce à la coopération de plusieurs pays Méditerranéens au projet des échanges ont été possibles dont les effets se prolongeront au-delà de la durée du projet Zer0-M.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier la Commission de l'Union Européenne, l'Agence Canadienne pour le Développement International (ACDI) et le Gouvernement du Maroc pour le financement des infrastructures, l'exploitation et le monitoring du TDC.

## RÉFÉRENCES

- MERZ C., SCHEUMANN R., EL HAMOURI B. AND KRAUMEM. (2007). Membrane bioreactor technology for the treatment of greywater from a sports and leisure club; *Desalination* 215, 37-43.
- EL HAMOURI B., J. NAZIH, AND J. LAHJOUJ (2007). Subsurface-horizontal flow constructed wetland for sewage treatment under Moroccan climate conditions *Desalination* 215, 153-158.
- EL HAFIANE F. and EL HAMOURI B. (2005). Anaerobic reactor/high rate pond combined technology for sewage treatment in the Mediterranean area. *Water Science & Technology* Vol 52, n°12 125-132.
- EL HAMOURI B. Réacteur Anaérobie et Chenal à Haut Rendement Pour l'épuration des eaux usées des petites communautés. Réalisation, exploitation et performances. Monographie. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Novembre 2004.