

EXPERIMENTATION D'UN SYSTEME DE RECYCLAGE D'EAUX USEES URBAINES PHYTO-EPUREES EN MILIEU ARIDE: ETUDE DE CAS DE BREZINA (SUD OUEST ALGERIEN)

BENSLIMANE Mohamed, LARBI Hocine, KHALDI Abdelkader

*Laboratoire de Géomatique, Ecologie et Environnement (LRGEE), Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mustapha Stambouli - Mascara, Algérie/, Tél/Fax : (213) 45 707 019 (M) : (213) 7 713 546.
Email : med-benslimane@yahoo.fr*

RESUME

Le but de ce travail est l'application d'une technique de traitement de l'eau dans une région aride en vue de remédier au problème de la rareté de l'eau et la préservation des écosystèmes oasiens, réalisé dans le cadre de la convention de Kyoto pour les changements climatiques par la séquestration de carbone. Mené par une équipe de recherche mixte algéro-italienne, ce pilote a pour finalité dans une première étape la régénération du milieu désertique, en optant pour le traitement des eaux usées domestiques par un procédé naturel et adaptée (phyto-épuration) et leurs le recyclage en agriculture saharienne. Le choix de l'oasis de Brezina au sud-ouest algérien, (wilaya d'El Bayadh) pour l'installation du pilote expérimental est motivé par de multiples critères, notamment ses ressources naturelles (eau, sol et biodiversité) peu valorisées. Les analyses physico-chimiques et bactériologiques montrent des performances épuratoires satisfaisants, eu égard aux autres modèles de traitement des eaux classiques et onéreux. Un arborétum de 2,5 hectares est aménagé pour des essais de plantations adaptées et l'application d'un système d'irrigation économique.

Mots clés : écosystème oasien, recyclage eaux usées, phytoépuration, développement durable.

1. INTRODUCTION

De nos jours, le recours aux techniques d'épuratoires naturelles connaît un regain d'intérêt pour des raisons multiples, notamment d'ordre technologique, énergétique, économique et de gestion. Les expériences à travers le monde, montrent l'usage grandissant au recours à la phytoépuration, utilisant des lits plantés de végétaux macrophytes (BOUTIN, 1981). Cet intérêt est d'autant plus sollicité en périphérie des villes oasiennes, affectées par l'insuffisance des ressources hydriques, en vue de protéger le milieu naturel contre les nuisances environnementales et éventuellement la

récupération et le recyclage des eaux usées traitées à des fins d'extension d'espèces forestières protectrices contre l'ensablement et l'avancée du désert (FEACHAM et al., 1983). La présente contribution porte sur les aspects techniques de l'installation d'un système épuratoire, basé sur le procédé de la phytoépuration.

2. Choix du site d'étude

L'oasis de Brezina est située dans la région présaharienne (33°6'N, 1°15'E, 800 m s/m), à 85 Km au sud du chef-lieu de wilaya El Bayadh, en Algérie. Elle se trouve sur le synclinal compris entre la dernière dorsale de l'Atlas (Diebel Diss) et la plateforme saharienne de l'Erg El Aaneur. Elle est délimitée par le bassin alluvial de l'oued Seggueur, qui collecte les eaux d'un bassin hydrographique d'environ 3680 km² (figure 1).



Figure 1. Localisation du site d'étude : Oasis de Brézina (sud – ouest algérien)

Le contexte naturel du site est caractérisé par un climat aride présaharien, avec des températures moyennes qui varient entre 9°C minimum au mois de janvier et 35°C maximum au mois d'août, avec des amplitudes thermiques journalières qui dépassent les 10°C. Les précipitations varient entre 100 et 180 mm de pluie par an. L'humidité relative avoisine 25% pendant les mois d'été. La zone d'étude enregistre une forte évapotranspiration, qui avoisine 1600 mm par an, influant sur le couvert végétal dans la zone d'intervention (BENSLIMANE et al. 2009).

3. Architecture du procédé épuratoire

Le procédé épuratoire est équipé d'une dérivation, un regard de visite de Ø200 mm et d'une pente de 1% pour garantir un écoulement gravitaire des eaux vers les filières

épuratoires. Un bassin de sédimentation primaire (type *imhoff*) et un dégrilleur permettent l'élimination des matières solides. Enfin une vanne pour le réglage et la mesure du débit transitant vers chacune des filières de traitement envisagée.

3.1 Filière A : traitement à écoulement horizontal superficiel

Cette filière est conçue pour le traitement d'un débit moyen de 20 m³ d'eau par jour. Le système d'épuration se compose de trois cellules consécutives, organisées comme suit:

- bassin de sédimentation, caractérisée par un niveau hydrodynamique ne dépassant pas 30 cm, où se reproduisent les processus de digestion aérobie. La végétation est émergée dans l'eau usée et affleure avec une densité ne dépassant pas 90 %.
- bassin d'environ 60 cm, planté en roseaux communs, occupant 20% de la surface disponible et se concentre à proximité de l'entrée et de la sortie de la cellule.
- bassin à forte densité végétale et un niveau d'eau inférieur à 30 cm.

L'imperméabilisation des bassins est assurée par une couche compactée d'argile d'au moins 20 cm et la pose d'une géomembrane de revêtement en polyéthylène à haute densité (PEHD, 1,5 mm), y compris sur les parois des bassins pour l'imperméabilisation des écoulements.

3.2 Filière B- Système de traitement à écoulement horizontal

Cette filière est un système à écoulement horizontal souterrain peut traiter 10 m³ d'eau par jour, composé de trois cellules consécutives de différentes dimensions remplies de gravier de différentes grandeurs, dont les caractéristiques de sont comme suit :

- Une section d'entrée et de sortie d'écoulement où sont posés les tuyaux, remplie de gravier rond (Ø60 -Ø100 mm).
- Une section interne remplie de gravier rond d'un diamètre de Ø10 - Ø25 mm dans laquelle les espèces végétales sont plantées à intervalles réguliers.
- Le système de distribution des eaux usées est par gravité. Les conduites en polyéthylène de vinyle chloruré sont posées avec une inclinaison de 1 à 2%.

3.3 Bassin de finissage

Les deux filières d'épuration déversent les eaux usées traitées dans un bassin commun d'accumulation à double fonction : assurer un cycle supplémentaire de sédimentation et de digestion microbienne en anaérobie, et permettre le stockage d'eau pour garantir l'approvisionnement de l'arboretum. Il a pour dimensions une profondeur de 2 m et une pente du fond de 2/1. L'imperméabilisation est assurée par une géomembrane en PEHD d'épaisseur 1,5 mm (figures 2 et 3).

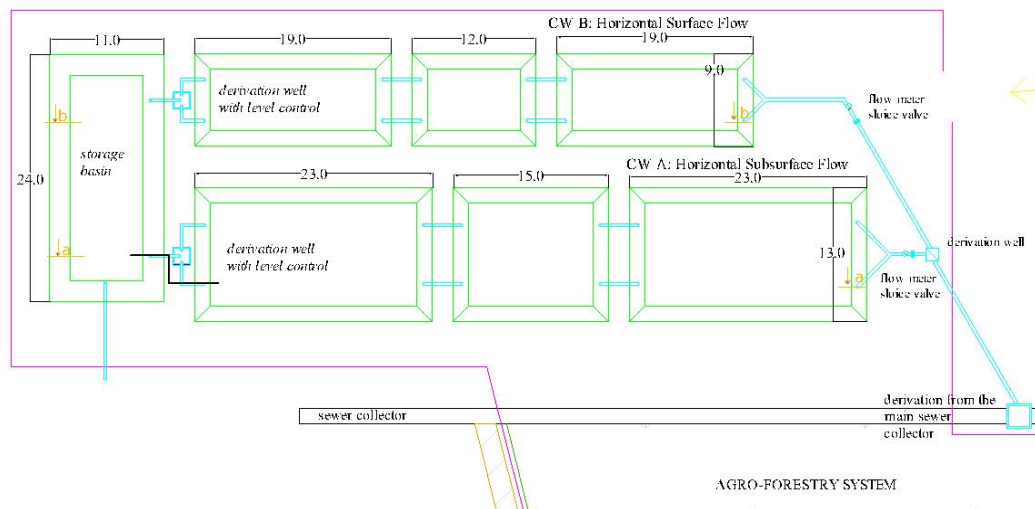


Figure 2. Dispositif de phytoépuration retenu



a- Site initial

b- Aménagement des bassins

c- Plantation de phragmites

Figure 3. Etapes de mise en œuvre du pilote expérimental de Brézina

4. Analyses et résultats et discussions

4.1 Mode opératoire

Les analyses des paramètres étudiés (température, pH, conductivité électrique, matière en suspension, oxygène dissous, turbidité, DBO₅, DCO, et certains métaux lourds) ont été effectuées en cinq périodes de prélèvement et suivant le mode opératoire (RODIER, J. 1978). Quant à l'analyse de l'abattement de la pollution microbologique des eaux usées, elle s'est effectuée sur la base d'un échantillonnage prélevé en deux

temps. Les analyses ont été réalisées au laboratoire de l'université de Mascara, durant la période s'étalant du mois d'Avril et Mai 2015.

Le pH, la température, la conductivité électrique et l'oxygène dissous ont été mesurés sur place, par l'intermédiaire d'un multi-paramètre. La demande biologique d'oxygène à 5 jours (DBO₅) a été mesurée par la méthode de dilution qui consiste à effectuer une lecture quotidienne jusqu'au cinquième jour pour évaluer la quantité d'oxygène nécessaire aux décomposeurs dégradant les matières organiques présentes dans un litre d'eau. La demande chimique en oxygène (DCO), a été mesurée grâce à un dispositif d'agitation couplé à un dispositif de chauffage et placé sous un ballon conformément à l'expression (AFNOR T90-101, 1971).

Le dosage des métaux lourds (fer, zinc, cuivre, plomb, cadmium, chrome et nickel) a été fait par spectrométrie d'absorption atomique. La quantité de matière en suspension (MES) a été obtenue par filtrage de l'eau. La dureté, qui exprime la teneur d'une eau en ion Ca²⁺, a été mesurée par dosage volumétrique. Cette méthode nous a permis de mesurer les teneurs en chlorures, en nitrates et l'azote. Enfin, les objectifs d'épuration pour lesquels l'installation a été conçue (Tableau 1), sont ceux d'irrigation restreinte indiqués par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Tableau 1. Normes limites retenues pour irrigation (OMS)

Matière en suspension	MES	[mg/l]	35
Demande Biologique en Oxygène	DBO ₅	[mg/l]	25
Phosphore total	TP	[mg/l]	2
Azote total	TN	[mg/l]	30
Pathogène	FC	[cfu/100 ml]	1,000
(Eufs de nématode	N	[cfu/100 ml]	0.1

4.2 Résultats physico-chimiques (figure 4)

- Le potentiel hydrométrique : les valeurs du pH à la sortie du pilote, présentent une légère alcalinité par rapport à l'entrée.
- La température (T°C) : la température des eaux traitées à la sortie est d'un niveau maximal de 30 °C. Cette diminution est due à l'ombre du feuillage des roseaux.

- L'oxygène dissous : les valeurs fluctuent entre 1,96 mg/l à 2,92, soit conformes aux normes (1.9 mg/l). Cela est dû à l'apport d'oxygène par les roseaux.
- La conductivité électrique (CE) : les valeurs obtenues varient entre 1405 $\mu\text{s/cm}$ et 1690 $\mu\text{s/cm}$. Cette augmentation est liée au phénomène d'évapotranspiration.
- La turbidité : on remarque une régression de la turbidité des eaux usées traitées due à la diminution des matières en suspension à la sortie.
- Matière en suspension (MES) : Le rendement moyen d'élimination de la MES est évalué à 82% pour notre pilote expérimental, ce qui déduit l'efficacité de ce système épuratoire par rapport aux procédés de lagunage naturel.
- DBO₅ : on enregistre des valeurs acceptables par rapport aux normes de traitement requises (inférieur à 40 mg/l), soit un rendement de l'abattement de la pollution organique de 67 %.
- DCO : les résultats obtenus présentent une conformité par rapport aux normes des rejets des eaux usées urbaines (inférieur à 120 mg/l).
- Nitrates : les résultats obtenus indiquent un niveau de traitement faible du fait du processus de dénitrification. Le rendement moyen de l'abattement des nitrates est de 36,13 %.
- Chrome hexavalent (Cr⁶⁺) : on remarque que les teneurs sont faibles à l'entrée et à la sortie par rapport aux normes requises (inférieur à 0,3 mg/l). Le rendement moyen d'abattement est de l'ordre de 76,32 %.
- Fer : les résultats obtenus font remarquer que l'abattement moyen des teneurs en fer du pilote expérimental est égal de 64,95 %, ce qui nous autorise à déduire la performance de l'élimination du fer par ce procédé épuratoire.

- Zinc : Les résultats obtenus indiquent une concentration du zinc moins élevée par rapport aux normes requises (inférieur à 5 mg/l). L'élimination des teneurs en zinc à la sortie du dispositif expérimental est de 76,02 %.

- Manganèse (Mn_2^+) : les résultats obtenus montrent que les teneurs sont moins importantes par rapport aux normes admises (inférieur à 1 mg/l). L'abattement moyen du manganèse est de l'ordre de 75,18 %.

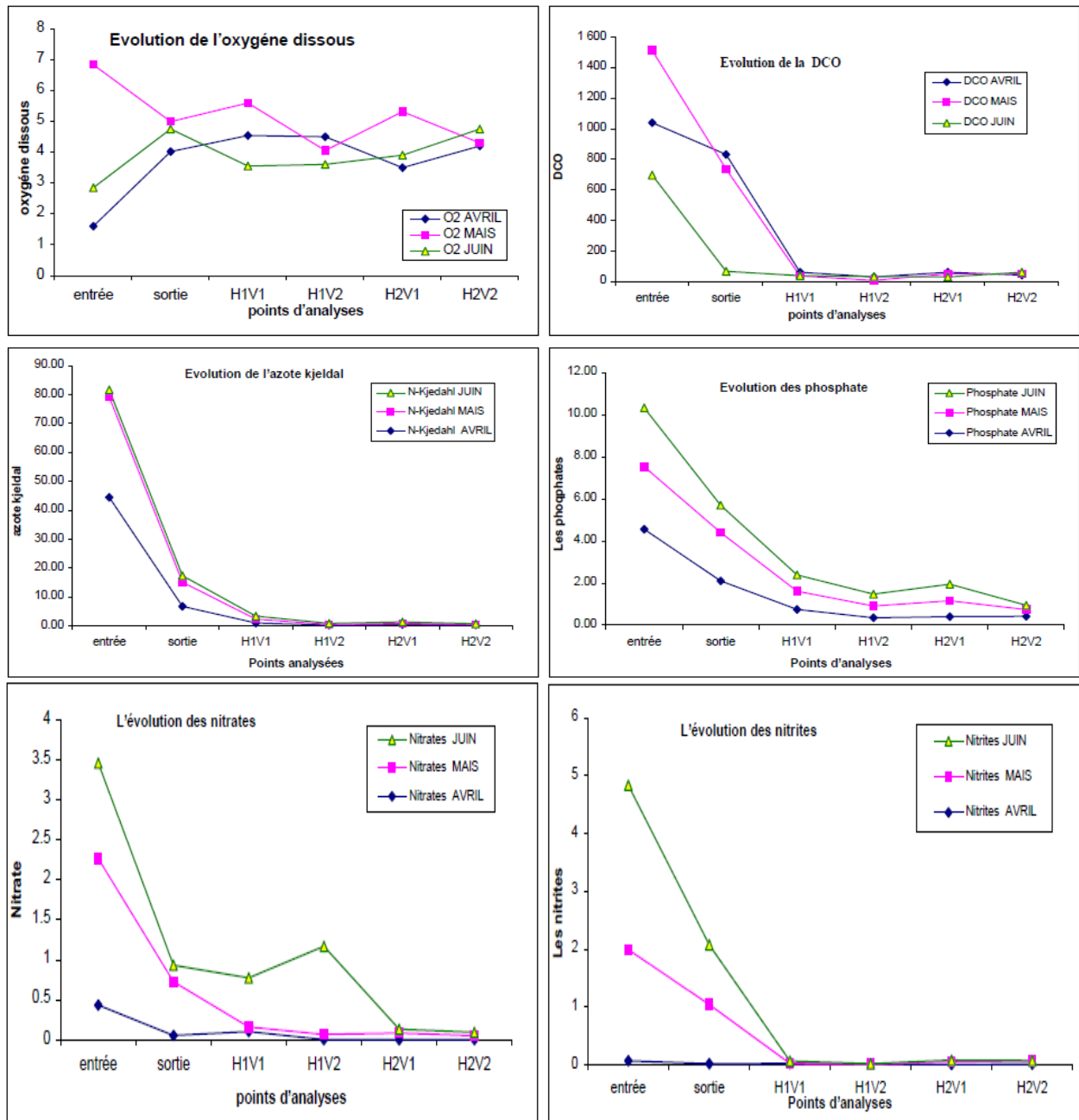


Figure 4. Abattement de la pollution physico-chimique des eaux usées

4.3 Paramètres bactériologiques

- **La flore totale** : les résultats obtenus montrent que l'eau usée à l'entrée atteint $70 \cdot 10^4$ ger/100ml. Cette contamination diminue pour les eaux traitées à la sortie du pilote, soit $11 \cdot 10^4$ ger/100ml.

- **Les coliformes totaux** : les résultats montrent que l'eau usée à l'entrée contient 1400 ger/100ml ; par contre, le taux d'abattement à la sortie du pilote atteint 65 ger/ml, soit un abattement de 95%.

- **Streptocoques fécaux** : comparativement aux normes admises (>2 ger/100ml), les résultats présentent des valeurs nulles en streptocoques fécaux, soit une eau traitée exempte de toute contamination fécale, ce qui met en évidence le rôle des roseaux communs et leurs rhizomes dans l'élimination de ce type de micro-organismes.

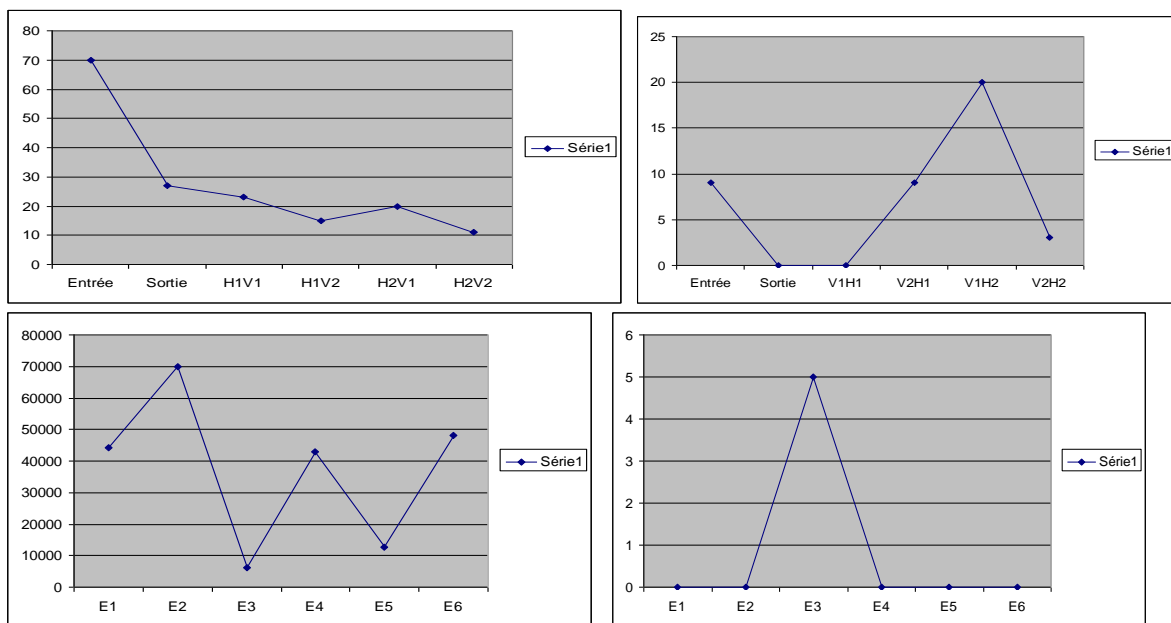


Figure 5. Abattement de la pollution microbologique de eaux usées

Conclusion

En guise de conclusion, il ressort le suivi des performances épuratoires de ce pilote expérimental dans une région aride (Oasis de Brézina, dans la wilaya d'El Bayadh) en partenariat de l'université de Vertigo (Italie), fait apparaître des indicateurs significatifs du rôle de la combinaison du complexe végétal-sable-énergie solaire dans l'élimination des matières indésirables et polluantes tant sur le plan physico-chimique que bactériologique.

En perspectives, il est envisagé d'approfondir les connaissances, notamment celles relatives à l'optimisation de la géométrie des lits plantés, la connaissance de l'hydrodynamique du système, l'amélioration de son fonctionnement et sa généralisation à travers le reste du pays de par ses performances, sa simplicité et son coût moins onéreux.

Références bibliographiques

- ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques), 2006. Rapport sur l'état des ressources en eau, Algérie.
- BENSLIMANE M., HAMIMED A., MELIANI H.A et MEDERBAL K., 2009. Essais sur un pilote expérimental du procédé d'épuration des eaux usées par les végétaux macrophytes. Revue SDT ANDRU, Volume n°5, pp 22-37, Aout 2009.
- BENSLIMANE M., HAMIMED A.et. KHALDI A., 1999. Epuration des eaux usées par lits plantés en végétaux macrophytes : conception, résultats et perspectives de developpement – Poster. CIREDD '4. Blida, Algérie.
- BOUTIN P. (1981). Problèmes sanitaires résultants de l'utilisation agricole des Eaux, Etude N°2, 1-93.
- CSD (Commission for Sustainable Development), 2002. Conférences et documents émanant d'instances officielles. 10e session.
- FEACHAM R.G., BRADLY D.J. GARELICK H. et MARA D.D, (1983). Sanitation and disease: Health aspect of excreta and wastewater management, John Wiley & sons édition, Chichester, US. 220p.
- RODIER J. (1978). Analyse de l'eau, eau naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer. Tom 1, Edition. Dunod.