

ETUDE DE DEUX SYSTEMES DE TRAITEMENT D'EAUX USEES URBAINES PAR LAGUNAGE. CAS DE LA STATION PILOTE DE L'UNIVERSITE DE NIAMEY (NIGER) ET DE LA STATION DE LAGUNAGE AERE DE L'OASIS DE OUARGLA

IDDER Tahar¹, LAOUALI Mahamane Sani², SEIDL Martin³, IDDER Abdelhak¹, Mensous Mohamed¹
¹ Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-arides - Université Kasdi Merbah Ouargla
tahar_id@yahoo.fr

² Département de Chimie, Faculté des Sciences – Université de Niamey, Niger

³ CERREVE, 6-8 Ave. Blaise Pascal Champs sur Marne, 77455 Marne la Vallée, FRANCE

Résumé :

La station de traitement des eaux usées par lagunage de la ville de Niamey, réalisée dans le cadre d'un projet de recherche-action entre l'ONG belge AQUADEV et l'Université de Niamey, grâce à un financement de la Commission européenne, est l'un des rares sites de recherches appliquées en Afrique de l'Ouest qui offre la possibilité de réaliser des comparaisons systématiques, et dans les mêmes conditions de fonctionnement, entre plusieurs modes et filières de traitement : le lagunage à microphytes, le lagunage à macrophytes flottants (*Lemna minor* et *Eichhornia crassipes*) et le lagunage à macrophytes fixés (*Echinocloa Stagnina*). Dans le cadre de cette étude, les performances de quatre filières ont été évaluées. Les résultats obtenus ont montré que la combinaison de bassins contenant les macrophytes *Eichhornia crassipes* et *Echinocloa Stagnina* est la plus performante sur les paramètres physico-chimiques et biologiques, avec 95% d'abattement sur les MES, 94% sur les orthophosphates, 85% sur la DCO et 80% sur la DBO₅. Les résultats ont montré, en outre, globalement, qu'il n'y avait pas de différences significatives sur le plan épuratoire entre et la filière à lagunage naturel à microphytes et la filière à *Lemna minor*.

Dans un autre contexte, dans le Sahara Algérien, les échecs constatés suite à la mise en place dans le passé de procédés sophistiqués de traitement des eaux usées (boues activées) ont poussé les pouvoirs publics à opter récemment pour la technique de lagunage qui semble être particulièrement adaptée au contexte local. Cette « prise de conscience » s'est concrétisée par la réalisation, notamment dans la cuvette de Ouargla, d'une station de lagunage aéré. Les premiers résultats obtenus concernant les abattements des principales formes de pollutions sont encourageants : environ 80 % sur la DBO₅ et DCO et 40 % sur les MES.

Cette station, outre le fait qu'elle va permettre une meilleure prise en charge du problème de la gestion des eaux usées qui se pose, depuis plusieurs décennies de manière curiale dans la cuvette de Ouargla, permettra aussi de servir de modèle de recherche appliquée pour le traitement des eaux usées par lagunage sous climat saharien, domaine de recherche jusque-là très peu exploré.

Mots clés : Lagunage, macrophytes, lagunage aéré, Sahel, Sahara algérien

1. INTRODUCTION

Le rapport du PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) pour l'année 2006 avait tiré l'alarme sur les quantités inquiétantes d'eaux usées qui sont rejetées chaque année dans la nature. Ce rapport précise, notamment, que dans beaucoup de pays de l'hémisphère Sud, plus de 90 % des eaux usées rejoignent directement la nature sans traitement préalable.

En effet, dans la majeure partie des pays en développement, l'épuration des eaux usées urbaines demeure encore un problème d'environnement majeur. Cette situation est essentiellement due à l'insuffisance, et, parfois, à l'absence totale d'infrastructures permettant la collecte et le traitement des résidus urbains liquides.

Une grande partie des villes de l'Afrique de l'Ouest et des pays du Maghreb sont concernées par cette situation alarmante. Dans la quasi-totalité des villes africaines, seuls quelques quartiers modernes disposent de caniveaux pour la collecte des eaux usées qui se trouvent d'ailleurs le plus souvent obstrués par des déchets solides. Les installations existantes de traitement des eaux usées, construites le plus souvent en calquant les modèles occidentaux, sont pour la plupart soit à l'arrêt soit en mauvais état de fonctionnement. Cette situation est due en grande partie au manque de moyens nécessaires à la maintenance et la gestion de ce type d'installations (Morel *et al*, 1998).

C'est le cas notamment de l'ancienne station d'épuration par boues activées du Campus universitaire de Niamey qui ne fonctionne plus déjà depuis plusieurs années faute de moyens techniques et de la station d'épuration par boues activées de la ville de Ouargla qui a cessé de fonctionner quelques mois seulement après sa mise en service pour les mêmes raisons (Idder, 1998).

Devant ces situations d'échec, en Afrique plusieurs équipes de recherche (Koné, 2002) et certains pouvoirs publics se sont mobilisés ces dernières années pour mettre en place et promouvoir des procédés d'épuration adaptés aux contextes des pays en développement, mettant en œuvre des processus naturels d'épuration qui s'inspirent des modes de fonctionnement des écosystèmes naturels des zones humides (Radoux, 1989) et qui nécessitent pour leur mise en œuvre et leur exploitation des moyens humains et financiers raisonnables. Parmi ces procédés, on trouve la technique de traitement par lagunage qui commence progressivement à gagner du terrain dans différentes régions d'Afrique.

Sur le plan de la recherche appliquée, nous pouvons citer le cas de la station pilote de l'université de Niamey dont la réalisation avait pour objectif principal la recherche d'une filière de traitement des eaux usées aussi complète que possible et adaptée au contexte des régions sahéniennes.

Sur le plan des réalisations de tailles réelles décidées par les pouvoirs publics, nous citons le cas de la station de lagunage aéré de la Ville de Ouargla (Sahara algérien) dont la capacité de traitement, à l'horizon 2030, serait de 400.000 équivalent/habitant environ.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 La station pilote de l'Université de Niamey

La station d'épuration pilote de Niamey, réalisée en 1998, a pour rôle d'épurer les eaux usées du Campus universitaire. Elle est composée de (IDDER *et al*, 2000), voir figure 1 :

- 17 bassins de lagunage trapézoïdaux d'un volume moyen utile de 7 m³ chacun, avec une profondeur moyenne de 1 m. La surface du plan d'eau dans chaque bassin est de l'ordre 14 m². La pente des bassins est de 45°.
- 1 fosse anaérobie en béton, d'une profondeur de 3 m et d'un diamètre de 1 m.
- 1 bache de réception des eaux usées brutes en béton armé d'un volume de 8 m³ qui répartit les eaux dans les différents bassins de lagunage.
-

Cette station offre la possibilité de comparer simultanément et dans les mêmes conditions de fonctionnement six filières de lagunage différentes, avec la possibilité d'interconnexions entre les filières, ce qui fait d'elle une plate forme unique de recherche dans la sous région sahénienne.

L'objectif principal de sa réalisation était de mettre en place une filière de traitement des eaux usées domestique la mieux adaptée possible à la zone sahénienne en testant toutes les variantes de lagunage : le lagunage à microphytes, le lagunage à macrophytes flottants, le lagunage à macrophytes enracinés et le lagunage anaérobie.

Dans le cadre des travaux présentés dans cette étude, couvrant la période de janvier 2002 à juin 2002, quatre filières de lagunage différentes ont été testées. Les trois premières étaient composées de trois bassins chacune. Chaque filière recevait un débit de 1,5 m³ par jour d'eau usée. La charge globale appliquée a été de 0,5 kg de DBO₅/jour, soit 120 Kg de DBO₅/ha/jour et le temps de séjour hydraulique sur l'ensemble des filières était de 14 jours en moyenne.

Les trois filières étaient les suivantes :

- La filière F1 qui regroupe les bassins 1, 12 et 11. Le bassin 1 a fonctionné comme un bassin facultatif. Les deux bassins suivants ont été utilisés comme des bassins à microphytes. La

filière F1 est l'exemple type d'un système de lagunage naturel à microphytes. Elle nous servira de ce point de vue de filière de référence.

- La filière F2 qui regroupe les bassins 5, 6 et 7. Les bassins 5 et 6 ont été ensemencés avec un macrophyte flottant : la lentille d'eau (*Lemna minor*), tandis que le bassin 7 fonctionnait avec des microphytes.
- La filière F3 qui regroupe les bassins 2, 3 et 4. Les bassins 2 et 3 contenaient un autre macrophyte flottant : la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*), tandis que le bassin 4 était rempli au 2/3 de sa hauteur d'une couche de gravier sur laquelle a été planté une espèce locale de roseau : le bourgou (*Echinocloa stagnina*).

La quatrième filière F4 était composée de six bassins en série. Elle regroupait les bassins 13,14, 15, 16, 17 et 18. Les trois premiers bassins étaient des bassins à microphytes et les trois derniers contenaient des lentilles d'eau. Le débit à l'entrée dans cette filière a été de 3 m³ par jour et la charge globale appliquée était de 1 kg de DBO₅/jour, soit 120 Kg de DBO₅/ha/jour. Le temps de séjour hydraulique sur l'ensemble de cette quatrième filière était de 13 à 14 jours selon l'intensité de l'évapotranspiration, soit un temps de séjour hydraulique sensiblement identique à celui des filières F1, F2 et F3.

L'échantillonnage a été réalisé à la sortie de la bache de réception pour les eaux usées brutes, à la sortie de chaque bassin pour les filières à trois bassins et après un groupe de trois bassins pour la filière à six bassins. Pour les eaux usées brutes, l'échantillon est composé à partir de cinq prélèvements répartis dans la journée. A l'intérieur des filières, les prélèvements étaient instantanés. Les paramètres mesurés sont : la demande biochimique en oxygène (DBO₅), la demande chimique en oxygène (DCO), les matières en suspension (MES), l'azote total Kejldhal (NTK), l'azote ammoniacal (NH₄⁺), les orthophosphates (PO₄³⁻), le pH et la température. Les analyses physico-chimiques ont été effectuées suivant les spécifications des normes Françaises (AFNOR, 1986). Le pH et la température ont été mesurés in situ à l'aide d'un pH mètre équipé d'une sonde de température.

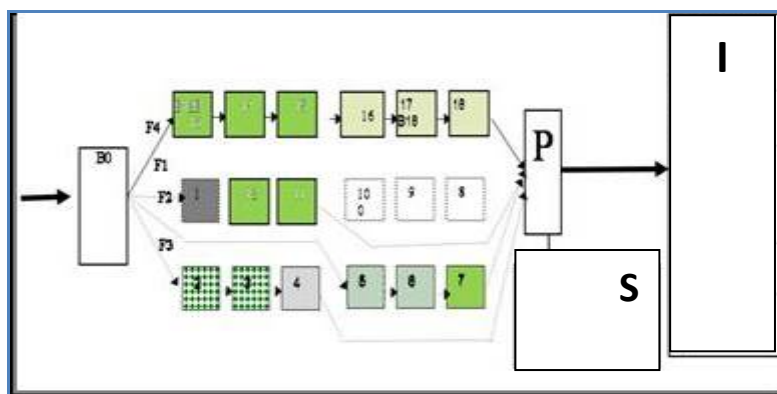


Fig.1. Schéma de principe de la station pilote

B0 : Cuve d'homogénéisation des eaux brutes provenant des logements des étudiants

B1 à B18 : Bassins de lagunage à microphytes et à macrophytes

P : Bassin de réception des eaux épurées

S : Bassins de pisciculture

I : Aire de réutilisation des eaux épurées pour l'arrosage

2.2 La station de lagunage aéré de la Ville de Ouargla

Cette station, d'une capacité d'environ 400.000 équivalents habitants et mise en service en 2009, a été réalisée par la société allemande Dwydag pour le compte de l'ONA (Office National de l'Assainissement). La réalisation de cette station faisait partie du grand projet d'assainissement et de lutte contre la remontée de la nappe phréatique, lancé dans la cuvette de Ouargla à partir de la fin de l'année 2005.

Cette station est composée :

- d'un compartiment de prétraitements des eaux usées brutes comprenant un système de dégrillage et de dessablage,
- d'un premier niveau de traitement biologique prévu pour contenir, à l'horizon 2030, 6 lagunes aérées, (3 sont mises en service actuellement). Chaque bassin possède un volume de 85.200 m^3 , une profondeur moyenne de 3,5 m et une surface à mi-hauteur de 2,8 ha. Le système d'aération est assuré par des aérateurs de surface. Le temps de séjour prévu au niveau de cet étage est d'environ 7 jours.
- d'un deuxième niveau de traitement biologique prévu pour contenir, à l'horizon 2030, 3 lagunes aérées (1 est mise en service actuellement). Chaque bassin possède un volume de 113.600 m^3 , une profondeur moyenne de 3 m et une surface à mi-hauteur de 3,8 ha. A ce niveau également, le système d'aération est assuré par des aérateurs de surface. Le temps de séjour minimal prévu pour cet étage de traitement est d'environ 5 jours.
- d'un troisième niveau qui sera composé de 3 lagunes de finition à l'horizon 2030 (actuellement, 1 est mise en service). Chaque bassin possède un volume de 74000 m^3 , une profondeur moyenne de 1,5 m et une surface à mi-hauteur de 4,9 ha. Le temps de séjour minimal dans ces lagunes de maturation est d'environ 3 jours.
- de 11 lits de séchage des boues d'une superficie unitaire de 5000 m^2 .

Les échantillons pour l'analyse des eaux ont été prélevés de manière ponctuelle à l'entrée et à la sortie de la station.

Les paramètres mesurés ont été la DBO_5 , la DCO, les MES, le pH, la conductivité électrique, le résidu sec, la température et l'oxygène dissous avec une fréquence de 1 à 4 fois par semaines pendant la période allant du 1er janvier 2010 au 3 juin 2010. Les concentrations de NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , ont été mesurées une fois par semaine durant la période allant du 15/04/2010 au 03/06/2010. La DCO et la DBO_5 ont été déterminés respectivement grâce à un réacteur à DCO et par OxiTop®. La mesure de la conductivité électrique, de la salinité et de la température a été faite à l'aide d'un conductimètre de poche et l'oxygène dissous à l'aide d'un oxymètre. Les concentrations de NO_2^- , NO_3^- et PO_4^{3-} été déterminées à l'aide de l'appareil DR/2800.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Pour la station de lagunage de l'Université de Niamey, l'efficacité des différentes filières et les rendements épuratoires évalués par rapport aux principaux paramètres de pollution, sont présentés dans les tableaux 1 et 2.

Tableau.1.: Composition des eaux usées à l'entrée et à la sortie de chaque filière testée dans la station pilote de l'Université de Niamey

Paramètres	Eaux usées brutes	Sortie F3	Sortie F2	Sortie F4	Sortie F1	
Ph	6,75	6,8	7,5	7,7	7,8	
MES (mg/l)	238	13	85	87	98	
DCO (mg/l)	Brute	581	85	236	234	233
	Filtrée	258	42	115	96	116
DBO5(mg/l)	Brute	315	62	135	95	150
	Filtrée	180	38	83	46	79
NTK (mg/l)	70,8	27	30	24	27	
NH ₄ ⁺ (mg/l)	47,5	26	17	13	13	
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	3,9	0,3	1,7	0,7	2,3	

Tableau.2. Rendements épuratoires globaux des différentes filières de traitement testées dans la station pilote de l'Université de Niamey

Paramètres	F3	F2	F4	F1
MES	94,5%	64,3%	63,3%	58,8%
DCO brute	85,4%	59,4%	59,7%	59,9%
DCO filtrée	83,7%	55,4%	62,8%	55%
DBO5 brute	80,3%	57,1%	69,8%	52%
DBO5 filtrée	78,9%	53,9%	74%	56%
NTK	61,9%	57,6%	66,1%	61,4%
NH ₄ ⁺	45,3%	64,2%	72,6%	72,6%
PO ₄ ³⁻	92,3%	56,4%	82%	41%

Le suivi des performances épuratoires de ces différentes filières, montre que chaque système a ses avantages et ses inconvénients.

Sur le plan qualité du traitement, la filière F3, composée de jacinthes d'eau et de bourgou, est la plus performante. Elle offre en plus une grande quantité de biomasse directement valorisable. La jacinthe d'eau peut être utilisée pour produire de l'engrais vert par compostage ou être utilisée comme substitut du bois pour la fabrication de panneaux agglomérés ou de spirales anti-moustiques (LAOUALI *et al*, 2004 ; 2008). Le bourgou peut être utilisé pour l'alimentation du bétail surtout que seules ses racines sont en contact avec les eaux usées. Dans l'optique d'une simple épuration des eaux, suivie d'une valorisation de la biomasse, cette filière semble être bien indiquée.

Les performances des filières à lentilles d'eau ont été en partie réduites à cause de la présence d'algues vertes filamenteuses dans les bassins (algues que nous n'avons pas observées dans les bassins à jacinthes). En effet, ces algues augmentent les taux des MES et de la DCO et de la DBO brutes. On pourra augmenter l'efficacité de ces systèmes en plaçant, par exemple, en fin de filière un bassin de filtration sur gravier. Ces filières présentent de belles perspectives d'avenir, compte tenu de leur importante production de biomasse directement valorisable pour l'alimentation de certains types de poissons des régions tropicales comme le Tilapia (SEIDL *et al*, 2006).

Parallèlement, les eaux épurées issues de ces filières peuvent présenter un avantage certain, notamment pour l'arrosage de plantations d'arbres, pratique qui pourrait réduire considérablement le cours aux eaux « conventionnelles » qui sont déjà déficitaires dans les pays de la sous région sahélienne qui souffre d'épisodes importants de sécheresse (IDDER *et al*, 2005).

Pour la station d'épuration par lagunage aéré de la ville de Ouargla, les premiers résultats montrent des rendements relativement intéressants, en particulier pour ce qui est de la DCO, la DBO₅, le NO₂⁻ et le PO₄³⁻ (tableau 3). Les performances épuratoires obtenues en ce qui concerne ces indicateurs de pollution sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus dans le dispositif expérimental de l'Université de Niamey pour la meilleure filière de traitement identifiée (la filière F3 composées de macrophytes). Le rendement relativement modeste concernant l'abattement du taux des matières en suspension est essentiellement causé par les fortes proliférations algales observées au niveau de certains bassins de lagunage. Ce phénomène est semblable à celui que nous avons identifié dans la filière à lentilles d'eau dans le dispositif de traitement de l'Université de Niamey. Un système de filtration par sable à la sortie des bassins de finition pourra être une solution qui permettrait de résoudre ce problème.

Tableau.3. Caractéristiques des eaux usées brutes et traitées et rendements épuratoires préliminaires obtenus dans la station de lagunage aéré de la ville de Ouargla

	Eaux usées brutes	Eaux traitées	Rendement (%)
pH	7,6	7,9	
MES (mg/l)	90	54.44	39
DCO (mg/l)	228	47	79,3
DBO ₅ (mg/l)	80	16	80,4
NO ₃ ⁻	98.28	58.14	40.84
NO ₂ ⁻	52	10,9	79
PO ₄ ³⁻	5.77	3.59	79

Compte tenu de la mise en œuvre très récente de cette station, il est nécessaire de poursuivre le suivi de ses performances épuratoires sur des périodes plus longues (plusieurs années) afin de déterminer notamment l'influence des facteurs climatiques saisonniers sur les rendements épuratoires. Il est également nécessaire de pousser les investigations de recherche sur le plan de l'efficacité du dispositif concernant l'élimination de la pollution microbiologique (bactérienne et parasitologique) qui va nous permettre de nous prononcer sur les possibilités de valorisation des effluents traités dans les différents domaines qui présentent un potentiel économique intéressant pour les régions sahariennes, comme le domaine de l'arrosage ou celui de la pisciculture. Une fois ces différents éléments identifiés et bien cernés, il sera ensuite possible de transposer, sans trop de risques d'erreurs, ce modèle de traitement à d'autres oasis du Sahara qui présentent le même type de problématiques concernant la gestion de leurs effluents urbains.

3 CONCLUSION

Cette étude a permis de présenter deux systèmes de traitement d'eaux usées par lagunage dans deux contextes socioculturels différents mais qui présentent de nombreuses similitudes en ce qui concerne notamment leur appartenance à la zone aride et au contexte de pays en développement. Le premier, celui de l'Université de Niamey, qui a été le fruit de quatre années de travaux qui ont permis d'identifier une filière de traitement des eaux usées performante et adaptée pour les régions sahéennes et le second est celui de l'oasis de Ouargla dont la mise en oeuvre est relativement récente et qui nécessite un temps de recul qui permettra de confirmer les performances encourageantes jusque-là obtenues.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

IDDER T., LAOUALI MS. *Projet pilote d'épuration des eaux usées de Niamey.* Séminaire International sur l'assainissement urbain en Afrique, Faculté des sciences agronomiques de Gembloux, université de Niamey, Aquadev, Gorée (Sénégal), 18-20 décembre 2000 : 57-63

IDDER T, LAOUALI MS, YANSAMBOU B, KWA R, ABBA M, YAYE A. Étude préliminaire de l'utilisation des sous produits du lagunage pour l'arrosage au Niger. *La tribune de l'eau* 2005 ; 58 : 3-9

LAOUALI M.S., IDDER T., OUSMANE Z. *La jacinthe d'eau dans l'épuration des eaux usées, la fabrication des composites et des spirales anti-moustiques.* 2nd International Conference of Engineering Research & development : Innovations. University of Benin, Nigeria, 15-17 avril 2008.

LAOUALI M.S. IDDER T., ZAKI O., KOULIDIATI J., LEGMA J.B. La jacinthe d'eau « *Eichhornia crassipes* » dans l'épuration des eaux usées et la fabrication des panneaux agglomérés. *Annales de l'Université de Ouagadougou ; Burkina Faso, Série C, Vol. 02, 2004 : 170-183*

MOREL M., M. KANE. Le lagunage à Macrophytes, une technique permettant l'épuration des eaux usées pour son recyclage et de multiples valorisations de la biomasse. *Sud sciences et technologies.* 001, 1998, 5-16.
PNUE. Rapport annuel, New-York, 2006, 83 p.

RADOUX M. Epuration des eaux usées par hydrosère reconstituée. *Tribune de l'eau* 1989 ; 42 : 62-68.

SEIDL M, LAOUALI MS, IDDER T, MOUCHEL JM. Duckweed - Tilapia system : a possible way of ecological sanitation for developing countries. In : Peña M, Restrepo I, Mara D, Gijzen H, eds. *Aqua 2003: International Conference on multiple uses of water for life and sustainable development.* Water and Environmental Management Series, 11. London : IWA Publishing, 2006 : 105-110