

ETUDE DES POSSIBILITES TECHNIQUES DE REUTILISATION AGRICOLE DES SOUS PRODUITS DE LA STATION D'EPURATION DE MEDEA (ALGERIE)

STUDY TECHNICALS POSSIBILITIES OF AGRICULTURAL REUSE OF BYPRODUCTS FROM TREATMENT PLANT OF MEDEA (ALGERIA)

KAREF Salah⁽¹⁾ & **KETTAB Ahmed**⁽¹⁾ & **NAKIB Maamar**⁽¹⁾ & **BENZIADA Salim**⁽¹⁾
& **BENMAMAR Saâdia**⁽¹⁾ & **BOUGUERRA Khaled**⁽²⁾

*(1) Laboratory Research Sciences of Water - LRS-EAU
Polytechnic National School – Algiers*

10, Av. Hacene badi, BP182; El-Harrach-Alger –Algeria

*(2) Company of Industrial Maintenance, Engineering and testing (CIMET)
E – Mail : kettab@yahoo.fr, karef_salah@yahoo.fr*

RÉSUMÉ. Dans le cadre du développement durable, il est impératif de rationaliser l'usage des ressources en eau conventionnelle et non conventionnelle. En ce, la réutilisation agricole des sous produits de l'épuration, représente l'alternative attendue pour la préservation de l'environnement et la promotion du secteur agricole. Le présent travail a pour objectifs, la recherche des possibilités de réutilisation des boues et des eaux épurées de la STEP de Médéa en agriculture par leurs analyses physico-chimiques et bactériologiques et le suivi continu de l'évolution de certains paramètres pendant une période d'étude de 12 mois, puis la comparaison de ces résultats d'analyses aux normes et directives établies dans le cadre de l'irrigation et l'épandage agricole.

ABSTRACT. In the framework of sustainable development, it is imperative to rationalize the use of water resources conventional and unconventional. That is why the re-use agricultural of by-products of the treatment is an alternative expected to preserve the environment and promotion of the agricultural sector.

The present work aims, to search for the possibility of reuse of treated wastewater, and sludge resulting from treatment plant of the city of Médéa in agriculture, through the analysis of physical, chemical and bacteriological on the samples, and the continuous monitoring of the evolution of several elements during the period of study extended over 12 months, and then, the comparison of these test results to standards and guidelines established in the framework of irrigation and land application.

MOTS-CLÉS : Eau épurée, boue résiduaire, réutilisation, agriculture.

KEYWORDS: Treated water, sewage sludge, recycling, agriculture.

1. INTRODUCTION

La rationalisation de l'usage des ressources en eau conventionnelle est devenue une gestion impérative. En ce, et dans le cadre du développement durable, la réutilisation agricole des sous produits de l'épuration, représente l'alternative attendue pour la préservation de la ressource et de l'environnement et la promotion du secteur agricole. Notre travail est donc consacré à l'étude des possibilités de réutilisation des boues et des eaux épurées de la STEP de Médéa en agriculture.

2. MATERIEL ET METHODES

Les méthodes et le matériel utilisés dans l'analyse des boues et des eaux de la STEP de Médéa sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 1. Méthodes et matériel utilisés dans les analyses

Paramètre	Méthode d'analyse	Matériel utilisé
FILIERE EAU		
Conductivité électrique	Conductimétrie	Conductimètre de type Hach SensIon 5
MES	Filtration- Centrifugation	Centrifugeuse Hermle Z300 - Etuve à 105°C
DCO	Oxydation par $K_2Cr_2O_7$	Bloc chauffant Marque Behr-Labor Technik
DBO ₅	Respirométrie	Flacons oxitop IS12, WTW - enceinte 20 °C
NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-}	Spectrométrie	Spectrophotomètre HACH DR/4000 V
Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , ETM	SAA	SAA Perkin Elmer AAnalyst 200
Les pathogènes	Colimétrie - Streptométrie	Rampe de filtration - Etuve model Binder
FILIERE BOUE		
Indice de Boue IB	30 mn de décantation	Eprouvette transparente
Siccité	24 h de Séchage à 105°C	Etuve à 105°C Binder -Balance KERN Als 220.4N
MVS	2h de calcination à 550°C	Four à 550°C marque Nabertherm 30-3000°C
Carbone organique	WALKLEY	Titration par une solution de sel de mohr
NTK	KJELDAHL	- Digesteur -distillateur/ Buchi
Phosphore assimilable	JORET- HEBERT	Colorimètre marque JENWAY model 6051
Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ et ETM	SAA	SAA marque Perkin Elmer type AAnalyst 200

3. RESULTATS EXPERIMENTAUX ET INTERPRETATIONS

3.1. Filière eau

3.1.1. La température

Les valeurs prises par la température des effluents de la STEP de Médéa se situent dans une gamme favorable à l'activité microbienne ($13-12 < 30$ °C).

3.1.2. Le pH

Un pH moyen de 7.25 d'après la FAO (1985) (Jean R, 2006) est compris dans la gamme normale située entre 6.5 et 8.4.

3.1.3. La conductivité électrique (Ce)

Une Ce de 2305 $\mu S/cm$ à la sortie, selon la FAO est située entre 700 et 3000 $\mu S/cm$, qui est l'intervalle de restriction légère à modérée pour la qualité des eaux d'irrigation.

Selon (Landreau, 1987), l'usage des eaux de très forte salinité, appartenant aux classes IV, à des fins agricoles est envisageable sur des cultures particulièrement résistantes.

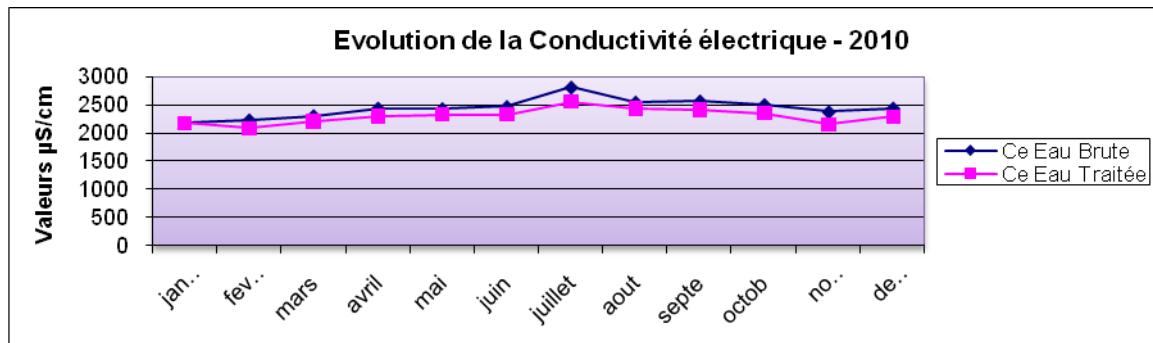


Figure 1. Représentation graphique de l'évolution de la CE à l'entrée et à la sortie de la STEP

3.1.4. Les Matières en suspension (MES)

Une teneur des MES de 737 mg/l à l'entrée et 22.5 mg/l à la sortie, donnent un abattement de 96%. Une valeur de 22.5 mg/l est inférieure à 30 mg/l, recommandée par l'USEPA (El haite, 2010). D'où il n'y a aucune restriction quant à la réutilisation de cette eau en irrigation.

3.1.5. La demande biologique en oxygène (DBO₅)

Une teneur de 377 mg/l à l'entrée et 9 mg/l à la sortie, soit un abattement de 97% de la charge organique. La teneur à la sortie est en dessous des recommandations USEPA qui exigent une DBO₅ < 30 mg/l (El haite, 2010).

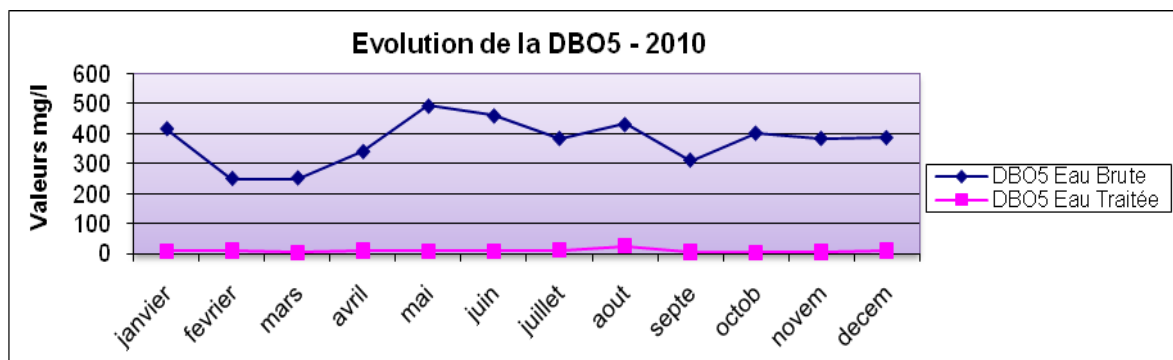


Figure 2. Représentation graphique de l'évolution de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP

3.1.6. La demande chimique en oxygène (DCO)

Une valeur de DCO de 588 mg/l à l'entrée et 72 mg/l à la sortie montrent des abattements poussés dans le procédé d'épuration, soit 88% de rendement.

3.1.7. Le SAR

Sachant que le $[SAR = Na^+ / [(Ca^{++} + Mg^{++})/2]^{1/2}]$, les résultats d'analyse des espèces ioniques du SAR, trouvées dans notre eau, sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 2. Les espèces ioniques du SAR mesurées

Elément mesuré	Concentration (mg/l)	Concentration (meq/l)
Na ⁺	85	3.70
Mg ⁺⁺	29	2.38
Ca ⁺⁺	97	4.84
SAR		1.95

Ainsi, les risques de sodisation relatifs à une eau d'irrigation sont caractérisés par deux paramètres : le SAR (Sodium Adsorption Ratio) et la conductivité de l'eau appliquée.

Une CE >700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et un SAR compris entre 0 et 3 ; ces valeurs confèrent à l'eau, d'après les recommandations de la FAO (1985) (Jean R, 2006), une qualité d'irrigation sans aucune restriction d'utilisation. Ces eaux sont considérées comme fortement minéralisées et peuvent convenir l'irrigation de certaines espèces tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés (FAO, 2003). Et d'après (Catherine, 2009), pour les valeurs du SAR et la CE, cette eau n'a aucune influence sur le taux d'infiltration au niveau du sol irrigué.

3.1.8. Les fertilisants

3.1.8.1. L'azote

Les nitrates varient de 3 mg/l à l'entrée et 15 mg/l à la sortie de la station. L'ammonium varie de 23 mg/l à l'entrée et 2 mg/l pour les eaux épurées. Ce dernier s'oxyde par nitrification, générant les nitrates. 5 mg/l < 15 < 30 mg/l, est un intervalle qui a un degré de restriction à l'usage agricole léger à modérer. Les cultures à coupes multiples et à enracinement profond sont très efficaces pour consommer l'azote et empêcher son accumulation dans le sol et sa migration, sous forme nitrique, vers les eaux souterraines (Jean R, 2006).

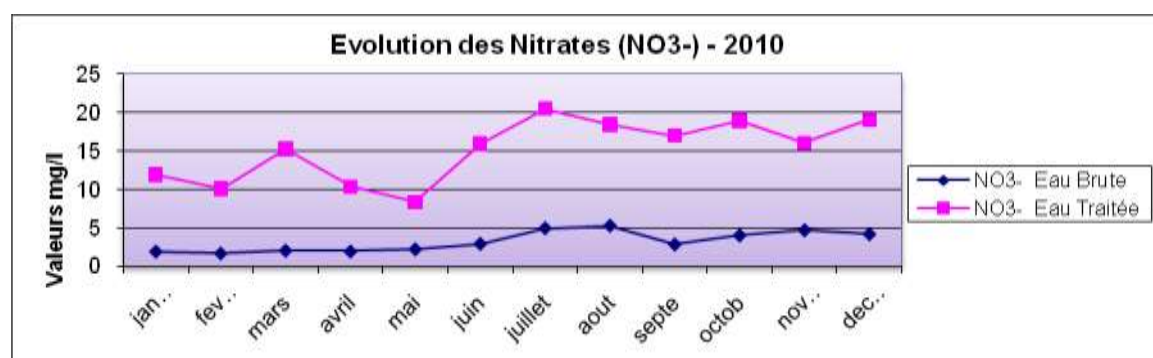


Figure 3. Représentation graphique de l'évolution des NO₃⁻ à l'entrée et à la sortie de la STEP

3.1.8.2. Le phosphore

Les teneurs des phosphates varient de la plus élevée, celle de l'entrée de la station d'épuration (2.5 mg/l), à la plus basse vers la sortie (1.6 mg/l). Cette teneur est située entre 0 et 2 mg/l ; une gamme habituelle dans l'eau d'irrigation.

3.1.8.3. Le potassium

La concentration en potassium des eaux épurées est de 14 mg/l, une valeur considérée normale et sans aucun effet nocif ou inhibiteur quant à l'utilisation de ces eaux en irrigation.

3.1.9. Les éléments traces métalliques (ETM)

En effet, l'essentiel des métaux est retenu dans les boues des stations d'épuration lors du traitement des eaux usées (Faby, 1997).

3.1.9.1. Le fer et le manganèse

Elles représentent des valeurs moyennes respectives de 1.25 mg/l et 0.12 mg/l. Ces teneurs très négligeables, n'auront aucun effet de toxicité ni sur le sol ni sur la plante.

3.1.9.2. Le Cuivre et le Zinc

Les teneurs moyennes respectives en Cu⁺⁺ et en Zn⁺⁺ de 0.05 mg/l et 0.16 mg/l sont assez négligeables et ne représentent aucun effet toxique en irrigation.

3.1.10. Les pathogènes

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux épurées de la STEP de Médéa révèlent l'existence des germes indicateurs de contamination fécale. En effet, la charge moyenne en coliformes fécaux des eaux épurées est 17.60×10^4 UFC/100ml et 8.45×10^4 UFC/100ml pour les streptocoques fécaux.

Tableau 3. Résultats d'analyse bactériologique des eaux épurées de Médéa

Paramètres	Résultats (UFC/100ml) x 10 ⁴	Normes OMS (UFC/100ml)
Coliforme Totaux (CT)	23.03	/
Coliforme Fécaux (CF)	17.60	≤ 1000
Streptocoques Fécaux (SF)	8.45	/
CF/SF	2.08	/

La qualité sanitaire des eaux épurées de la STEP de Médéa est loin d'être acceptable pour l'irrigation non limitée en général. Le procédé actuel de l'épuration ne permet pas d'éliminer la pollution bactérienne, une étape de traitement tertiaire (désinfection) est impérative.

On peut estimer l'origine humaine ou animale de la pollution fécale à partir de l'étude des valeurs du rapport CF/SF contenu dans les eaux (Emile, 2003). La valeur de 2.08 de ce facteur détermine l'origine de la source de pollution qui est du type mixte à dominance humaine.

3.2. Filière boue

3.2.1. L'indice de Mohlman IM

La valeur de IM trouvée de 43,16 ml/g, reflète une modeste disponibilité de la boue à la décantation.

3.2.2. La siccité des boues

Une siccité moyenne de 44%, révèle le caractère solide des boues de la STEP de Médéa.

3.2.3. La Matière organique

Si la matière organique présente des effets néfastes pour les milieux aquatiques par la surconsommation d'oxygène de ces milieux, elle est d'un grand intérêt en irrigation. Les effets de la matière organique s'exercent principalement sur les propriétés du sol (Hillel, 1998). La matière organique contenue dans la boue donne une bonne structure et une meilleure aération au sol, il est moins compact, donc elle combat l'érosion de celui-ci.

La boue d'épuration de Médéa renferme dans la matière sèche 28% de matière organique. Cette valeur est faible en la comparant à celle d'une boue solide. Elle est en relation avec le rapport C/N trouvé de 7.32, traduisant donc une boue bien stabilisée. Alors cette boue est considérée comme un fertilisant, plus qu'un amendement organique.

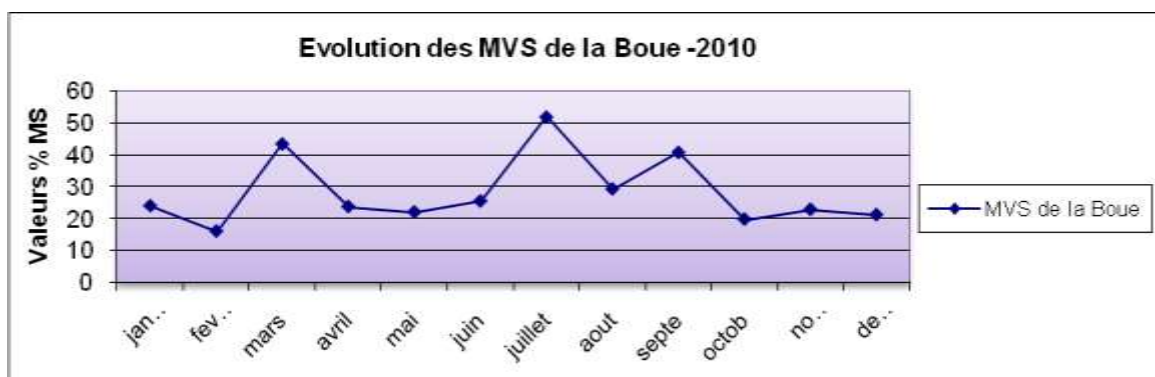


Figure 4. Représentation de l'évolution des MVS de la boue

3.2.4. Le C/N

Le rapport C/N de la boue d'épuration permet d'apprécier qualitativement la capacité de minéralisation de l'azote organique contenu dans la boue. Plus ce rapport est élevé, plus la minéralisation de l'azote est lente.

La boue de la STEP de Médéa renferme 15% de carbone organique et 2.05 % d'azote Kjeldahl (NTK) dans la matière sèche, d'où un rapport C/N= 7.32. Ça nous indique une disponibilité importante de l'azote, il est rapidement minéralisé et peut subir un lessivage.

3.2.5. Le phosphore

Le phosphore assimilable (P_2O_5) dosé dans nos échantillons, représente 0.33% de la matière sèche, c'est un apport intéressant et peut couvrir les besoins des cultures.

3.2.6. Le potassium

Une concentration moyenne en potassium (K_2O) de 0.19 % de la matière sèche, est une faible valeur qui, en épandant de fortes doses de boues, ne dispense donc pas l'agriculteur d'apporter un engrais minéral potassique.

3.2.7. Les éléments traces métalliques (ETM)

Tableau 4. Résultats d'analyse des ETM dans la boue de la STEP de Médéa

ETM	Concentration (mg/kg de MS)*	Concentration (mg/kg de MS)**	Valeurs limites réglementaires
Cd	0.57	/	10
Cr	10.96	/	1000
Cu	41.96	65.89	1000
Ni	12.13	/	200
Zn	217	425	3000
Cr+Cu+Ni+Zn	282	/	4000
Fe	/	1800	
Mn	/	97.78	

* analysés au laboratoire central de l'ONA -2010, ** analysés au laboratoire de l'INSID-2012

A la lecture de ce tableau, il s'avère que les teneurs en éléments traces métalliques dans la boue d'épuration de Médéa, sont suffisamment faibles et ne constituent donc pas un facteur limitant son utilisation en agriculture, et peuvent être donc épandues sans aucune restriction.

CONCLUSION

Les eaux épurées de la STEP de Médéa, malgré leur forte salinité, sont réutilisables pour l'irrigation de certaines espèces tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés. Leur teneur en nitrates est admissible et ne présente aucun effet nocif. En cas de fortes doses, les cultures à coupes multiples et à enracinement profond sont très efficaces pour consommer l'azote et empêcher son accumulation dans le sol et sa migration. La concentration élevée des coliformes fécaux fait que ces eaux ne peuvent être réutilisées sans chloration.

La boue d'épuration avec un C/N de 7.32 constitue une importante disponibilité et une minéralisation rapide de l'azote, dont le lessivage peut être évité par épandage de cette dernière pendant la période de croissance des plantes. Ce rapport est en relation avec la quantité relativement faible de matière organique qu'elle contient, traduisant ainsi une boue stabilisée. La quelle peut être considérée comme un fertilisant, plus qu'un amendement organique.

RÉFÉRENCES

- Catherine B., Alain H., Jean-M H., 2009. Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT). Rapport final, Convention de partenariat ONEMA- Cemagref, 100p.
- El haite H., 2010. Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation, Thèse de Doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Étienne.
- Emile T et al. 2003. Gestion et valorisation des eaux usées dans les zones d'habitat planifié et leurs périphéries (GEVEU), Assainissement A08, Rapport final, Le Laboratoire Environnement et Sciences de l'Eau, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Université de Yaoundé -INSA de Lyon, 167p.

- Faby J.A., Brissaud F., 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Documentation technique FNDAE, Hors série N°11, Office International de l'Eau, 79.
- FAO., 2003. Irrigation avec les eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, Bureau Régional pour le Proche Orient et l'Afrique du Nord, Caire Egypte, 65p.
- Hillel, D., 1998. *Environmental soil physics: fundamentals, applications and environmental considerations*. Academic Press, pp. 125-195.
- Jean R., Tiercelin, Alain V., 2006. *Traité d'Irrigation*. 2^{ème} Edition TEC et DOC, Lavoisier, pp. 737-757.
- Kettab A., 2000. *Les ressources en eau en Algérie : stratégies, enjeux et vision*. Conférence sur les stratégies de dessalement dans les pays du Sud méditerranéen, Djerba, pp 25-33.
- Kettab A., Metiche R., Bennacar N., 2008. *De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies*, *Science de l'Eau*, 21 : 247-256.
- Landreau, A., 1987. *La réutilisation des eaux usées épurées par le sol et le sous sol : Adéquation entre la qualité de l'eau, l'usage et la protection du milieu naturel*. Séminaire sur les eaux usées et milieu récepteur, Casablanca (Maroc), pp 1-13.
- Remini B., Kettab A., Hihat H., 1995. Envasement *du barrage Ighil Emda Algérie*, *La Houille Blanche*, 2-3 : 23-31.
- Rodier J., Legube B., Merlet N et coll., 2009. *L'analyse de l'eau*, Paris, Edition Dunod, pp. 965-1071.
- Zella L., Kettab A., 2002. *Numerical methods of microirrigation lateral design*. *Biotechnol Agron Soc Environ*, 6: 231-235.