



## Évaluation de la qualité des sous-produits de l'épuration pour usage en agriculture dans une région semi aride en Algérie

S. Karef<sup>1</sup>, M. Boughalem<sup>2</sup>, F. Aitnouh<sup>3</sup>, F.Z. Batana<sup>4</sup>, N. Boujelben<sup>5</sup>, M. Achak<sup>6</sup>,  
L. Oualkacha<sup>7</sup>, A. Kettab<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ecole Nationale Polytechnique (ENP), Laboratoire de Recherche Sciences de l'Eau (LRS-EAU/ENP)  
10, Av. Hacén Badi, BP 182 El-Harrach-Alger, Algérie

<sup>2</sup> Université Ain Temouchent, BP 284- 46000 Ain Temouchent, Algérie

<sup>3</sup> Centre National d'Etudes et de Recherches sur l'Eau et l'Energie, Université Cadi Ayyad Marrakech, Maroc

<sup>4</sup> Université Amar Telidji- Laghouat - Algérie

<sup>5</sup> Ecole National d'Ingénieurs de Sfax, BP W 3038 Sfax, Tunisie

<sup>6</sup> Université Chouaib Doukkali, Ecole Nationale des Sciences Appliquées, El Jadida, Maroc

<sup>7</sup> University Hassan II of Casablanca, B.P. 146, Mohammedia, Morocco

### Infos

Received: 30 June 2018  
Accepted: 15 August 2018

### Keywords - Mots clés

Climat aride, eaux usées traitées, irrigation, épandage, normes

Arid climate, treated wastewater, irrigation, spreading, standards.

### Corresponding authors emails

karef\_salah@yahoo.fr;  
kettab@yahoo.fr

### Abstract - Résumé

Les zones arides telles que l'Algérie, la Mauritanie..., souffrent d'une pénurie d'eau qui ne cesse de s'accroître en raison du climat aride à semi aride. L'Algérie a un potentiel hydrique global mobilisable ne dépassant pas les 13.2 milliards m<sup>3</sup> d'eau, ce qui offre un volume annuel de 412 m<sup>3</sup> à chaque citoyen tout usage confondu. Ce chiffre théorique est un indicateur d'une situation de grave pénurie d'eau qui entrave tout le développement du pays. A fin de faire face aux impacts climatiques sur la ressource en eau, la réutilisation agricole des eaux épurées et des boues générées par le traitement, apparaît comme une alternative pour la préservation de la ressource hydrique et de l'environnement et la promotion du secteur agricole. C'est autour de cet axe que s'articule ce travail basé essentiellement sur l'aptitude des eaux usées épurées et des boues d'épuration de la STEP Médéa à la réutilisation en agriculture. Pour ce faire, des analyses sur ces sous produits, ont été faites au niveau des laboratoires. Les SAR et la CE indiquent une forte salinité de l'eau et la concentration élevée des coliformes fécaux est due à l'absence de la chloration. La valeur du C/N de la boue constitue une importante disponibilité et une minéralisation rapide de l'azote. Ce rapport est en relation avec la quantité relativement faible de matière organique qu'elle contient, traduisant ainsi une boue stabilisée. 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. La concentration élevée des coliformes fécaux fait que ces eaux ne peuvent être réutilisées sans chloration. La boue d'épuration peut être considérée comme un fertilisant, plus qu'un amendement organique. Et pour éviter le lessivage de l'azote, l'épandage de la boue sera effectué pendant la période de croissance des plantes.

Arid zones such as Algeria, Mauritania ..., suffer from a water scarcity that continues to increase because of the arid to semi-arid climate. Algeria has a global mobilizable hydraulic potential that does not exceed 13.2 billion cum of water, leading to an annual volume of 412 cum to each citizen considering all uses. This theoretical number is indicating a situation of severe water scarcity obstructing all the country's development. In order to cope with the climatic impacts

**Infos****Abstract - Résumé**

on the water resource, the agricultural reuse of purified waste water and regenerated mud after treatment appears as an alternative option for the preservation of the hydraulic resource and the environment and the promotion of the agricultural sector. It is around this axis that articulates this work based mainly on the ability for purified waste water and generated mud of the WWTP of Medea to be reused in agriculture. To accomplish that, analysis on by-products, have been done at the laboratories. SAR and EC indicate high water salinity and the high concentration of faecal coliforms is due to the lack of chlorination. The C/N value of the sludge is an important availability and rapid mineralization of nitrogen. This ratio is related to the relatively small amount of organic matter it contains, thus reflecting a stabilized sludge. The purified water of the WWTP of Medea, despite its high salinity, is reusable for irrigation of some species which are tolerant to salt and on well drained and leached soils. The high concentration of fecal coliforms keeps this water from being able for reuse without chlorination. Sewage sludge can be considered a fertilizer, more than an organic amendment. To avoid nitrogen leaching, sludge will be applied during the growing season.

**1. INTRODUCTION**

Dans le cadre du développement durable, il est impératif de rationaliser l'usage des ressources en eau conventionnelle. En effet, la réutilisation agricole des eaux épurées et des boues générées par le traitement, représente l'alternative attendue pour la préservation de la ressource et en parallèle la promotion du secteur agricole. Cette technique n'engendre aucun investissement supplémentaire, car l'eau est produite une seule fois pour l'usage domestique, après pollution, elle est récupérée et épurée. Au lieu d'être rejetée au milieu naturel, elle sera utilisée en irrigation agricole [1].

La boue générée par l'épuration, est riche en matière organique et en éléments nutritifs, au lieu d'être mise en décharge ou incinérée, elle peut être utilisée comme support de fertilisant ou amendement organique.

Dans le cas de l'Algérie, vu le climat chaud provoquant la minéralisation rapide de la matière organique dans le sol et la pénurie d'eau conventionnelle, nous proposons à tout projet d'avenir d'épuration des eaux usées, de prioriser la valorisation des sous-produits dans l'agriculture [2]. Cette démarche doit s'inscrire de plus en plus dans les programmes de gestion durable des ressources en eau, afin d'augmenter leur valeur agronomique sans porter atteinte ni à la santé humaine et animale, ni à l'environnement [1].

C'est dans ce contexte de valorisation des sous produits de l'épuration que s'inscrit ce travail axé essentiellement sur l'aptitude des eaux usées épurées et des boues d'épuration de la ville de Médéa à la réutilisation en agriculture.

**2. MATERIEL ET METHODES**

Les analyses des boues et des eaux de la STEP de Médéa ont été effectuées à travers les 03 laboratoires, à savoir, celui de la STEP et ceux de l'INSID de K'sar chellala et de l'ADE de Djelfa. Pour les différents paramètres dosés, les méthodes et le matériel utilisé sont donnés dans le tableau 1.

**3. RESULTATS EXPERIMENTAUX ET INTERPRETATIONS**

Les résultats des analyses sont interprétés et comparés à quelques recommandations et normes existantes. Pour ce faire nous avons choisi une période d'étude de 12 mois de l'année 2010 ; durant la quelle, les résultats obtenus pour les deux filières, sont présentés et interprétés dans le tableau 2.

**3.1. Filière eau****3.1.1. La température**

Les valeurs moyennes de la température des eaux usées au cours de la période d'étude, varient entre 13 à l'entrée de la STEP et 12 à sa sortie. Ces valeurs se situent dans une gamme favorable à l'activité microbienne (< 30 °C). Ceci favorise le traitement biologique des eaux usées ainsi que le développement de la végétation lors de leur valorisation agricole.

**Tableau 1.** Matériel et méthodes d'analyse

Paramètre	Méthode d'analyse	Matériel utilisé
<b>FILIERE EAU</b>		
La température	Thermométrie	Un multiparamètre de type Hach SensIon 156,
pH	Potentiométrie	Un ph-mètre de type Hach SensIon 1
Conductivité électrique	Conductimétrie	Conductimètre de type Hach SensIon 5
Les MES	Filtration- Centrifugation	Centrifugeuse Hermle Z300 - Etuve à 105°C
La DCO	Oxydation par $K_2Cr_2O_7$	Bloc chauffant Marque Behr-Labor Technik
la DBO <sub>5</sub>	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
<b>FILIERE BOUE</b>		
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
Le phosphore assimilable	JORET- HEBERT	Colorimètre marque JENWAY model 6051
$Ca^{++}$ , $Mg^{++}$ , $Na^+$ , $K^+$ et ETM	SAA	SAA marque Perkin Elmer type AAnalyst 200

### 3.1.2. La conductivité électrique (CE)

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées au sein de la station d'épuration varient entre une moyenne de 2449  $\mu S/cm$  à l'entrée et 2305  $\mu S/cm$  à la sortie. Selon FAO [3], ces valeurs sont dans l'intervalle de restriction légère à modérée pour la qualité des eaux d'irrigation.

Les effluents de la STEP de Médéa appartiennent aux classes IV, qui d'après Landreau A, [4], l'usage des eaux de très forte salinité, appartenant aux classes IV, à des fins agricoles est envisageable sur des cultures particulièrement résistantes.

### 3.1.3. Le pH

Le pH des eaux usées de Médéa varie en moyenne de 7.5 à l'entrée de la STEP et 7.25 à la sortie. Il est relativement stable au voisinage de la neutralité comme c'est le cas pour la plupart des eaux usées domestiques. Et d'après FAO, [3] le pH est compris dans la gamme normale située entre 6.5 et 8.4.

### 3.1.4. Matières en suspensions (MES)

L'analyse des MES révèle une diminution très importante des valeurs moyennes de l'entrée (737 mg/l) vers la sortie (22.5 mg/l) de la station. La STEP de Médéa a réussi à atténuer fortement la pollution particulaire, soit un abattement de 96%. Ce qui donne encore une idée sur l'efficacité du traitement, surtout si on considère que les normes des MES pour le rejet des eaux traitées est de < 30 mg/l d'après les recommandations USEPA [5].

**Tableau 2.** Résultats des analyses physico-chimiques

		pH	T°C	CE $\mu S/cm$	MES mg/l	DCO mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	$NH_4^+$ mg/l	$NO_3^-$ mg/l	$PO_4^{2-}$ mg/l
Moyenne	Entrée	7.5	13	2449	737	588	377	23	3	2.5
	Sortie	7.25	12	2305	22.5	72	9	2	15	1.6

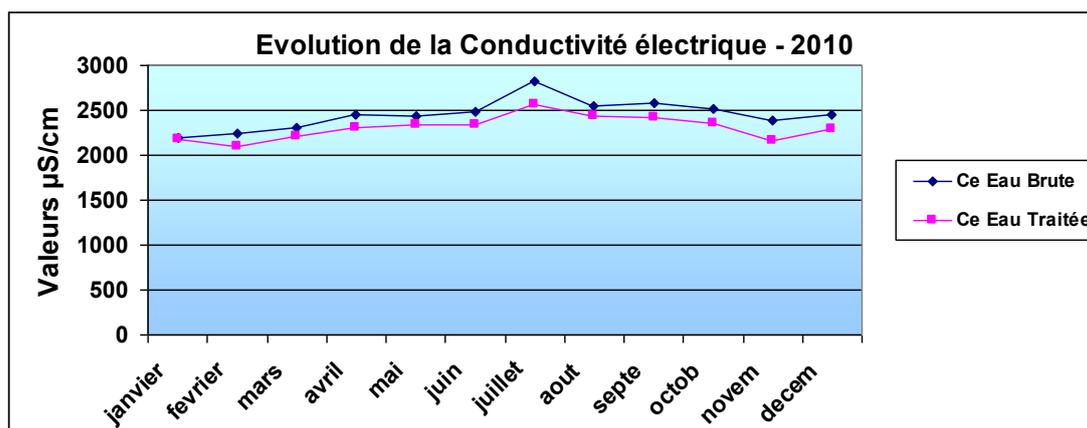


Figure 1. Représentation graphique de l'évolution de la CE à l'entrée et à la sortie de la STEP

### 3.1.5. La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

Les valeurs moyennes de la DBO<sub>5</sub> enregistrées au sein de la station d'épuration varient de 377 mg/l à l'entrée et 9 mg/l à la sortie, d'où un abattement de 97% de la charge organique. Cela indique que le traitement biologique effectué sur l'eau usée est très acceptable, surtout si on considère que la recommandation USEPA, exige une DBO<sub>5</sub> < 30 mg/l.

Les effets de la matière organique s'exercent principalement sur les propriétés du sol, soient physiques (stabilité structurale, aération, rétention et économie d'eau), chimiques (capacité d'échange) ou biologique [6, 7].

### 3.1.6. La demande chimique en oxygène (DCO)

La moyenne des concentrations de la DCO, montre des abattements poussés dans le procédé d'épuration, soit 88% de rendement, justifié par un enregistrement d'une valeur moyenne de DCO pour les eaux brutes de 588 mg/l et pour les eaux épurées à la sortie de la station, une valeur moyenne de 72 mg/l.

### 3.1.7. Coefficient de biodégradabilité $k=DCO/DBO_5$

Les eaux usées à l'entrée de la STEP sont, majoritairement de nature domestique cela est déduit du rapport  $k=DCO/DBO_5$  qui est en moyenne de  $1.56 < 2.5$ , ce qui indique que la matière oxydable (MO) de ces eaux usées est facilement très biodégradable.

### 3.1.8. Le SAR (sodium adsorption rapport)

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 3.

Et comme la Conductivité électrique mesurée des eaux épurées de la STEP est d'une moyenne de 2305 µS/cm, alors La CE > 700 µS/cm et Le SAR est donc compris entre 0 et 3 ; ces valeurs confèrent à l'eau, d'après les recommandations (FAO, 2003) [3], une qualité d'irrigation sans aucune restriction d'utilisation. Ces eaux sont considérées comme fortement minéralisées et peuvent convenir l'irrigation de certaines

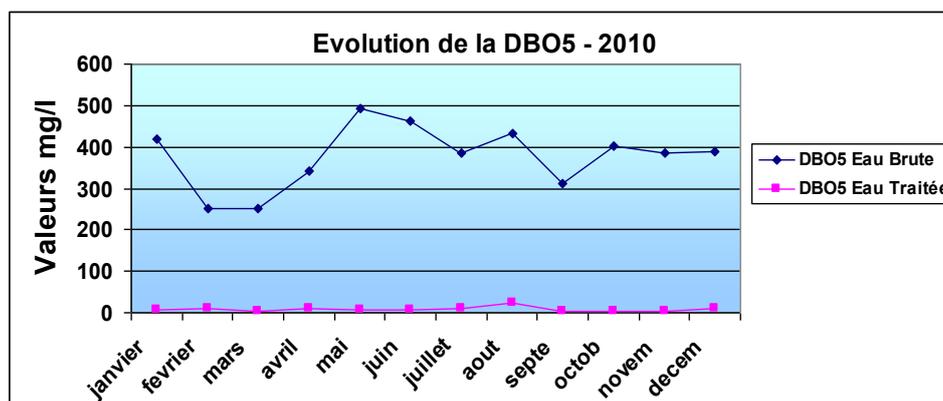


Figure 2. Représentation graphique de l'évolution de la DBO<sub>5</sub> à l'entrée et à la sortie de la STEP

**Tableau 3.** Les espèces ioniques du SAR mesurées

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

espèces tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés (FAO, 2003) [3]. Et d'après Catherine *et al.* [8], pour les valeurs du SAR et la CE, cette eau n'a aucune influence sur le taux d'infiltration au niveau du sol irrigué.

### 3.1.9. Les fertilisants

#### 3.1.9.1. L'azote

La forme de l'azote ciblée est la forme minérale, ammoniacale (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et nitrique (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Les valeurs moyennes des nitrates varient de 3 mg/l à l'entrée et 15 mg/l à la sortie de la station. Celles de l'ammonium varient de 23 mg/l à l'entrée et 2 mg/l pour les eaux épurées. Ces résultats indiquent une augmentation légèrement croissante des teneurs moyennes des nitrates de l'entrée à la sortie de la STEP. La teneur en ammonium, par contre, diminue sur le même axe.

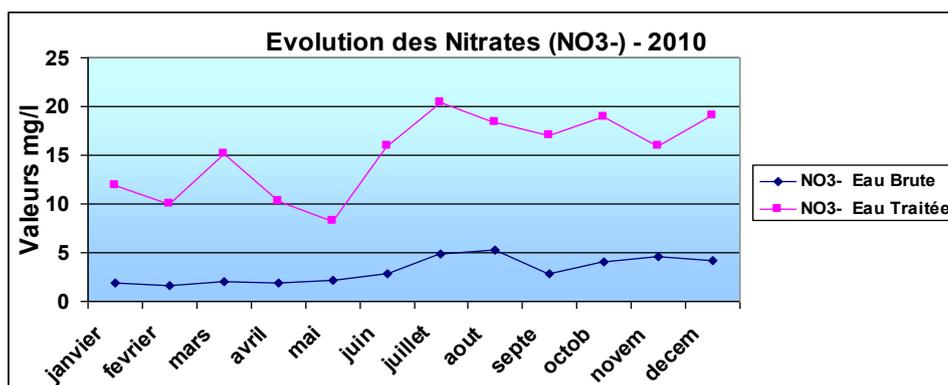
A l'entrée de la STEP, la faible teneur en nitrates est due au fait que l'azote, se trouve sous ses formes ammoniacales ou organique, fortement présentes dans les eaux usées domestiques, puis progressivement pendant l'épuration, ces derniers s'oxydent par nitrification au niveau du bassin d'aération, générant les nitrates; ce qui explique la proportionnalité inversée entre l'ammonium et les nitrates.

Notre eau épurée a une valeur moyenne des nitrates située d'après les recommandations de la FAO de 1985 cité par Jean *et al.* [9], entre 5 mg/l < 15 < 30 mg/l, un intervalle qui a un degré de restriction à l'usage agricole léger à modérer. Certaines cultures sont très efficaces pour consommer l'azote et empêcher son accumulation dans le sol et sa migration, sous forme nitrique, vers les eaux souterraines. Ce sont généralement des cultures à coupes multiples et à enracinement profond.

#### 3.1.9.2. Le phosphore

Les teneurs moyennes enregistrées 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.

Les phosphates selon Rodier *et al.* [10], ont longtemps échappé au traitement des stations d'épuration biologique classique et de ce fait, se retrouvaient dans les rejets ; Donc la diminution des teneurs en phosphates de l'entrée à la sortie de la station est due à leur consommation par les bactéries au cours du processus d'épuration.



**Figure 3.** Représentation graphique de l'évolution des NO<sub>3</sub><sup>-</sup> à l'entrée et à la sortie de la STEP

**Tableau 4.** Résultats d'analyse bactériologique des eaux épurées de Médéa

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

**Tableau 5.** Résultats d'analyse des paramètres de la boue de la STEP de Médéa

	IM ml/g	Siccité %	MO %	C <sub>org</sub> %	N <sub>TK</sub> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
Valeur moyenne	43,16	44	28	15	2.05	0.33	0.19

### 3.1.9.3. Le potassium

Le potassium contenu dans l'eau usée n'occasionne pas d'effet nuisible sur les plantes ou l'environnement. C'est un macronutriment essentiel qui affecte favorablement la fertilité du sol, le rendement des cultures et leur qualité (FAO, 2003) [3].

Dans notre cas, 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.

### 3.1.10. Les éléments traces métalliques (ETM)

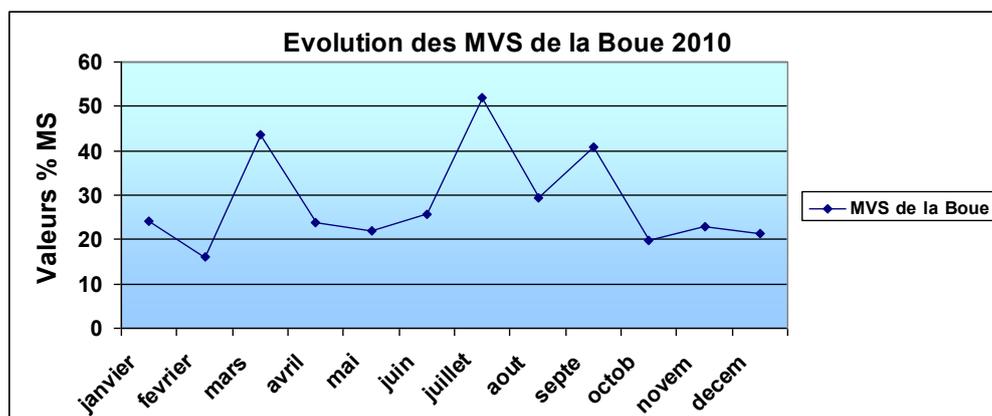
En effet, l'essentiel de ces métaux est retenu dans les boues des stations d'épuration lors du traitement des eaux usées (Faby J.A., Brissaud F, 1997) [11]. Selon Baumont *et al.* [12], on trouve que les métaux lourds intéressants pour les plantes et ne posant pas de problème sanitaire sont bien le fer et le manganèse.

Le seuil fixé par la FAO pour les eaux d'irrigation est de 10 mg/l et 20 mg/l en Manganèse et en Fer respectivement, pour une utilisation à court terme et de 0.2 mg/l et 5 mg/l pour une utilisation à long terme.

Les teneurs en Fe et en Mn des eaux épurées représentent des valeurs 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.

D'après Baumont *et al.* [12], le cuivre et le zinc sont classés parmi les métaux intéressants pour les plantes et posant un problème sanitaire.

La valeur limite tolérable retenue par la FAO pour les eaux d'irrigation est de 5 mg/l et 10 mg/l en Cu et en Zn respectivement, pour une utilisation à court terme et de 0.2 mg/l et 2 mg/l pour une utilisation à long terme.

**Figure 4.** Représentation graphique de l'évolution des MVS de la boue de la STEP de Médéa

Alors, les analyses faites sur les eaux épurées de la STEP de Médéa ont montré aussi des teneurs moyennes respectives en Cu et en Zn de 0.05 mg/l et 0.16 mg/l. ces concentrations sont assez négligeables et ne représentent aucun effet toxique en irrigation.

### 3.1.11. Les pathogènes

La charge moyenne en coliformes fécaux des eaux épurées est  $17.60 \times 10^4$  UFC/100ml et  $8.45 \times 10^4$  UFC/100ml pour les streptocoques fécaux.

Les concentrations assez élevées en Coliforme Fécaux dépassent la norme retenue par l'OMS pour les eaux d'irrigation qui est  $\leq 1000$  UFC/100 ml.

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 [13]. La valeur de 2.08 de ce facteur détermine l'origine de la source de pollution qui est du type mixte à dominance humaine.

Compte tenu des résultats bactériologiques obtenus, la qualité sanitaire des eaux épurées de la STEP de Médéa est loin d'être acceptable pour l'irrigation.

## 3.2. Filière boue

### 3.2.1. L'indice de Mohlman IM

La valeur moyenne de IM trouvée de 43,16 ml/g, reflète une modeste disponibilité de la boue à la décantation ; il y a une bonne décantation lorsque IM est compris entre 50 ml/g et 150 ml/g.

### 3.2.2. La siccité des boues

Les mesures au laboratoire ont donné une siccité moyenne des échantillons de boue de 44%. Ce qui révèle le caractère solide des boues de la STEP de Médéa.

### 3.2.3. La Matière organique

La quantité de matière organique mesurée dans la boue de la STEP de Médéa représente 28% de la matière sèche, elle est relativement faible en la comparant à celle d'une boue solide. Cette valeur est en relation avec le faible 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.

### 3.2.4. Le C/N

La boue de la STEP de Médéa renferme 15% de carbone organique et 2.05 % d'azote kjeldahl ( $N_{TK}$ ) dans la matière sèche, ce qui donne un rapport C/N= 7.32. Cette valeur nous indique une disponibilité importante de l'azote, il est rapidement minéralisé et peut subir un lessivage. Afin d'éviter son lessivage, la boue doit être épandue pendant la période de croissance des plantes, l'azote est donc assimilé, et sa perte par volatilisation et percolation sera réduite.

### 3.2.5. Les éléments traces métalliques (ETM)

Les boues d'épuration de Médéa, une fois analysées, nous ont donné les résultats du tableau 6.

A la lecture de ce tableau, il s'avère que : les teneurs en éléments traces métalliques dans la boue

**Tableau 6.** 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

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.

### 3.2.6. Le phosphore

Le phosphore a l'avantage de ne pas se lessiver vers la nappe ou les eaux de surface car d'après Nakib, [14], il reste fixé et fortement adsorbé aux particules de sol.

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.

### 3.2.7. Le potassium

Les échantillons de boues analysés au laboratoire ont donné une concentration moyenne en potassium ( $K_2O$ ) de 0.19 % de la matière sèche, c'est une faible valeur qui, en épandant de fortes doses de boues, ne dispense donc pas l'agriculteur d'apporter un engrais minéral potassique.

## 4. CONCLUSION

L'objectif principal de notre travail était d'évaluer les qualités des boues et des eaux épurées de la STEP de Médéa, ainsi que leurs niveaux de réponse aux exigences et directives établies dans le cadre de l'irrigation et l'épandage agricole, via leurs analyses aux laboratoires. Ce qui s'est soldé par :

### - Filière eau

La température (12°C) et le pH (7.25) de l'eau à la sortie de la STEP n'engendrent aucun effet négatif pour sa réutilisation agricole.

Pour les valeurs trouvées du SAR et de la Ce (SAR=1.95, Ce =2305  $\mu S/cm$ ) ; cette eau est fortement minéralisée et peut convenir l'irrigation de certaines espèces tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés. Et elle n'a aucune influence sur le taux d'infiltration au niveau du sol irrigué.

Les teneurs des MES (22.5 mg/l) et la DBO5 (9 mg/l) n'entraînent aucun inconvénient. Au contraire la matière organique est d'un grand intérêt en irrigation.

Pour les fertilisants ; Les nitrates (15 mg/l) présentent pour l'eau un degré de restriction à l'usage agricole léger à modérer. Généralement 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. Les phosphates sont facilement fixés par le sol, leur teneur (1.6mg/l) située dans une gamme habituelle, ne présente aucun effet nocif en irrigation. A ajouter que le potassium (14 mg/l) ne dispose pas d'impact négatif.

Pour les ETM, les teneurs trouvées sont très négligeables, n'auront aucun effet de toxicité ni sur le sol ni sur la plante.

L'analyse bactériologique a révélé une concentration assez élevée en germes pathogènes (coliformes fécaux :  $17.60 \times 10^4$  UFC/100ml), due à la suspension du système de désinfection de la STEP. La qualité sanitaire des eaux épurées est loin d'être acceptable pour l'irrigation. Elles ne peuvent être réutilisées sans chloration

### -Filière boue

Une siccité de 44% révèle le caractère solide des boues de la STEP de Médéa dont la matière organique présente 28% de la matière sèche (MS), cette valeur est relativement 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 stabilisée. Alors cette boue est considérée comme un fertilisant, plus qu'un amendement organique.

Le rapport C/N = 7.32 nous indique une disponibilité importante de l'azote, il est rapidement minéralisé et peut subir un lessivage qu'on peut éviter par épandage de la boue pendant la période de croissance des plantes, l'azote est donc assimilé, et sa perte par volatilisation et percolation sera réduite.

Pour le phosphore assimilable, il est de 0.33% de la MS. Quant au potassium, il représente 0.19% de la MS, c'est une faible valeur qui, en épandant de fortes doses de boues, ne dispense donc pas l'agriculteur d'apporter un engrais minéral potassique.

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.

Pour qu'elles soient utilisées en agriculture, des analyses microbiologiques doivent être faites sur les boues de la STEP avec des résultats conformes à leur utilisation.

## REFERENCES

- [1] A. Kettab, R. Metiche, N. Bennacar, « De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies », *Science de l'Eau* 21 (2008) 247-256.
- [2] S. Karef, Etude des possibilités technico-économiques de la réutilisation des boues et des eaux usées urbaines traitées, *Thèse de Doctorat*, ENP, Alger, 2017.

- 
- [3] FAO., Irrigation avec les eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, Bureau Régional pour le Proche Orient et l'Afrique du Nord, Caire Egypte, 2003.
- [4] A. Landreau, *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), 1987, p.1-13.
- [5] H. El haite, *Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation*, Thèse de Doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Étienne, 2010.
- [6] D. Hillel, *Environmental soil physics*, San Diego, Edition Academic Press, 1998.
- [7] L.D.Sparks, *Environmental soil chemistry*. Edition Academic Press, 2<sup>nd</sup> Edition, 2003.
- [8] B. Catherine, H. Alain, M.H. Jean, *Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, Convention de partenariat ONEMA-Cemagref*, 2009.
- [9] R. Jean, A.V. Tiercelin, *Traité d'Irrigation*, 2<sup>ème</sup> Edition TEC et DOC, Lavoisier, 2006.
- [10] J. Rodier, B. Legube, N. Merlet et coll., *L'analyse de l'eau*, Paris, Edition Dunod, 2009.
- [11] J.A. Faby, F. Brissaud, *L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation*. Office International de l'Eau, 1997.
- [12] S. Baumont, J.P. Camard, A. Lefranc, A. Franconi, *Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France*. Rapport ORS, 2004.
- [13] T. Emile et al., *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*, 2003.
- [14] M. Nakib, *Contribution à l'étude des possibilités d'utilisation des eaux usées et des boues d'épuration dans l'agriculture*, Thèse de Magistère, INA, Alger, 1986.