



## **EVALUATION DE LA CHARGE EN PATHOGENES ET DE LA MICROFAUNE DANS LES EAUX DE L'EFFLUENT BRUTE ET TRAITÉ REJETÉ DANS UN MILIEU RECEPTEUR : CAS DE LA STATION D'EPURATION DE MÉDÉA**

### **OCCURRENCE AND REMOVAL OF PATHOGENS AND A PRELIMINARY STUDY OF MICROFAUNA IN THE MEDEA SEWAGE TREATMENT PLANT**

**HAMAIDI-CHERGUI F<sup>1</sup>, ZOUBIRI A.F.<sup>2</sup>, DEBIB A.<sup>2</sup>,  
HAMAIDI M.S.<sup>1</sup>, KAIS H.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Laboratoire de Biotechnologies, environnement et Santé.  
Département de Biologie et Physiologie cellulaire.

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Blida 1. Algérie.

<sup>2</sup> Département de Biologie et Physiologie cellulaire. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Blida 1. Algérie.

*hamaidifella@yahoo.fr*

#### **RESUME**

L'objectif de cette étude est de caractériser les communautés microbiennes dans les eaux usées et épurées de la station d'épuration à boues activées de Médéa et de comparer les valeurs obtenues aux normes autorisées par la législation.

Le traitement s'est avéré très efficace. Le taux d'abattement du nombre de CT, CF, SF, ASR, kystes de protozoaires et œufs d'helminthes était respectivement de 99,96%, 99,98%, 98,91, 97% et 91%. L'absence des Salmonelles peut être expliquée d'une part par l'absence des porteurs asymptomatiques de la population habitante dans cette région, et d'autre part la difficulté de recherche de ces germes du fait de leur nombre très faible par rapport aux germes banals. La microfaune était composée d'animaux microscopiques nommés protozoaires et métazoaires. Ces organismes participent à l'élimination des bactéries libres qui constituent leurs proies et à la cohésion du floc par leurs déjections. Leur observation au microscope, donne des indications sur la qualité du traitement et peut révéler rapidement d'éventuelles anomalies de fonctionnement.

L'analyse a révélé que certaines concentrations (coliformes fécaux, en streptocoques fécaux et en œufs d'helminthes), dépassent les valeurs de l'OMS, édictées sur l'usage des eaux usées en agriculture.

**Mots clés :** eaux usées, aux épurées, station d'épuration, taux d'abattement, analyses microbiologiques, microfaune.

## **ABSTRACT**

The aims of this study are the enumeration of fecal contamination indicators, parasites and microfauna isolated throughout the wastewater treatment by the activated sludge process in a wastewater treatment plant located in Médéa (North West of Algeria). The results revealed no pathogens germs and removal efficiencies exceeding 90% for total coliforms, faecal coliforms, streptococci, ASR and parasites.

However, the results showed richness in fecal contamination germs and helminth parasites with values that exceed OMS standards for discharge into the receiving environment.

During the study, were observed groups of testate amoebae, nematodes, attached ciliates and ciliates free natantes characterizing the process with good purification and as the structure of the flocs between ideal and filamentous bulking. The results were rather satisfactory in terms of protozoa recognition.

There is therefore need for additional microbial pathogen monitoring in the WWTP to minimize public health risk.

**Keywords:** wastewater, treated water, bacteriological and fungal analysis, microfauna, water treatment plant, Médéa.

## **INTRODUCTION**

Le problème de la pollution des eaux est devenu l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel et pourrait constituer à long terme, un réel danger pour l'avenir de l'humanité (Belaid, 2010).

L'origine hydrique de certaines épidémies graves est à l'origine du développement de l'assainissement et du traitement des eaux. Les stations d'épuration ont pour rôle d'éliminer la pollution microbiologique contenue dans les effluents domestiques avant leur rejet dans le milieu naturel.

La microfaune des boues activées est bien connue comme un indicateur potentiel pour le contrôle opérationnel des systèmes de traitement biologique (Drakides, 1980). Elle joue un rôle important dans les systèmes de traitement des eaux usées municipales. Elle maintient la densité des bactéries, contribue à la floculation des boues et dans une certaine mesure stimule l'activité bactérienne dans les systèmes de boues activées et peut être responsable de l'amélioration du traitement (Hu et al., 2013). L'observation rapide et simple par microscopie optique permet d'identifier les protozoaires et les métazoaires.

L'objectif de cette étude est une appréciation des caractéristiques bactériologiques, fongiques et parasitologiques des eaux usées et épurées de la STEP de la wilaya de Médéa et l'observation microscopique de la microfaune pour estimer l'efficacité du traitement adopté à la réduction de la charge microbienne.

## **MATERIEL ET METHODES**

### **Mode de prélèvement**

Les échantillons sont prélevés du mois de Mars jusqu'au mois de Juillet 2012, à raison d'un prélèvement par semaine.

Trois points de prélèvement ont été choisis à savoir :

- Un prélèvement de l'eau brute après l'étape de dégrillage.
- Un prélèvement de l'eau épurée à la sortie du décanteur
- Un prélèvement des boues au niveau du bassin d'aération.

### **Méthodes d'analyse**

#### ***Dilutions décimales***

D'après Dellaras (2010), le choix du nombre de dilution est basé essentiellement sur la charge microbienne de l'eau à analyser.

25 ml de l'échantillon de l'eau à analyser est introduit aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile dans un flacon contenant 225 ml d'eau distillée stérile. Fermer et agiter le flacon. Cette dilution est alors 1/10. De la même façon, prélever 25 ml de la dilution  $10^{-1}$  et la transférer dans un deuxième flacon afin d'obtenir la dilution  $10^{-2}$  répéter la même procédure jusqu'à

l'obtention de la dilution idéale (selon la charge polluante de l'eau à analyser). La dilution sera donc plus élevée pour l'eau usée brute que pour celle d'une eau usée traitée.

### **Méthodes d'analyses bactériologiques**

#### ***Colimétrie et Streptométrie par filtration sur membrane***

La filtration sur membrane permet de compter les coliformes et les streptocoques en faisant passer à travers un filtre à pores suffisamment petits (0,45 µm) un volume connu d'échantillon d'eaux résiduaires (ou d'une dilution de cet échantillon). Ce filtre est ensuite placé sur un tampon absorbant saturé d'un milieu de culture (gélose au Tergitol pour les coliformes et Slanetz pour les streptocoques), puis mis à incuber. Pendant l'incubation, chacune des bactéries donne naissance à une colonie bactérienne. Une fois l'incubation terminée, on compte les colonies et l'on en déduit le nombre de bactéries pour 100 ml d'eau (OMS, 1997).

#### ***Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs***

La recherche de *Clostridium Sulfito réducteurs* est basée sur la recherche des formes sporulées. Pour cela, on détruit les formes végétatives par chauffage puis on refroidit rapidement. L'incubation se fait sur gélose viande foie additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et de sulfite de sodium. La réduction du sulfite en sulfure de fer provoque un noircissement des colonies (Lebres, 2002). Ces colonies entourées d'un halo noir sont comptées comme susceptibles de provenir de bactéries anaérobies sporulées sulfito-réductrices.

#### ***Recherche des vibrions cholériques***

La recherche des vibrions cholériques s'effectue en 3 étapes par enrichissement sur milieu EPA (eau peptonée alcaline) puis isolement sur gélose GNAB (Lebres, 2002). La lecture se limite à la présence ou l'absence de colonies spécifiques, en tenant compte que les vibrions se présentent le plus souvent sous forme de colonies lisses et transparentes.

### **Recherche de Salmonelles**

La recherche des salmonelles s'effectue en 4 étapes par enrichissement sur milieu SFB puis isolement sur gélose Hektoen. Les boîtes de gélose Hektoen subiront une lecture qui se limite à la présence ou l'absence de colonies spécifiques et en tenant compte du fait que les Salmonelles se présentent le plus souvent sous forme de colonies grises bleues, vertes bleues avec ou sans centre noire d'une taille très petite.

### **Recherche de la flore fongique**

La gélose Sabouraud est un milieu recommandé pour la culture et l'isolement des levures et des champignons filamenteux à partir de prélèvements polymicrobiens.

- Prendre trois tubes de gélose : un tube de Sabouraud, un tube de Sabouraud additionné de chloramphénicol et un tube de Sabouraud additionné de chloramphénicol et d'actidione.
- Ensemencer 0,1 ml de l'échantillon d'eau directement sur la pente.
- Incuber à l'étuve, capsule débloquée, à 25°C ou à 37°C. Les cultures sont examinées généralement après 48 à 72 heures d'incubation pour la recherche des levures.

### **Méthodes d'analyses parasitologiques (méthode de Bailenger modifiée)**

L'analyse parasitologique met en œuvre différentes techniques d'enrichissement car la densité parasitaire se révèle trop faible pour qu'un examen microscopique direct soit probant (Thevenot et al., 1985). Cependant, dans cette étude, nous avons opté pour le choix de la technique de Bailenger fortement recommandée par l'OMS (1997). Elle est intéressante par sa rapidité, sa simplicité, son efficacité et sa reproductibilité grâce aux caractères constants des réactifs qui sont non toxiques et pas onéreux. Cette méthode a pour but la concentration des éléments parasitaires par élimination des débris sous l'effet de forces attractives qu'exercent les deux phases non miscibles acéto-acétique et éther sur les particules hérissées des groupements hydrophiles et lipophiles (Sylla et Belghyti, 2008). Pour le calcul du nombre d'œufs par litre, nous avons utilisé la formule suivante :

$$N = AX/PV$$

Où:

N = nombre d'œufs par litre d'échantillon  
A = nombre d'œufs comptés sur la lame McMaster ou moyenne du nombre d'œufs trouvés dans trois lames  
X = volume du produit final (ml)  
P = Contenance de la lame McMaster (0,3 ml)  
V = volume de l'échantillon initial (litres).

### ***Observation microscopique***

L'observation rapide et simple par microscope optique des différentes composantes de la boue (liquide interstitiel, floc bactérien et microfaune) peut confirmer un certain nombre d'éléments évoqués précédemment lors de l'observation macroscopique et/ou apporter de nouveaux enseignements (Canler et al., 1999).

Nous avons réalisé une préparation à l'état frais. On étale 15 µl de boues sur une lame en verre propre. On recouvre par une lamelle puis on observe au microscope optique.

Pour cela, nous avons utilisé un microscope équipé d'un système d'acquisition d'images composé d'une caméra CCD. Le signal est ensuite traité par un adaptateur et stocké sur une carte d'acquisition d'un ordinateur puis sur un support permanent.

### ***Calcul de l'efficacité du traitement***

Les performances sont exprimées en terme de rendement. Ce descripteur traduit le taux de réduction de la concentration en pathogènes entre l'entrée et la sortie de la station.

Chaque rendement est calculé à l'aide de la formule suivante (Kantachote et al., 2009):

$$R = \frac{P_i - P_0}{P_i} \times 100$$

Où :

R : est le rendement pour un paramètre donné,

P<sub>i</sub> : est le chiffre du paramètre donné à l'entrée,

P<sub>0</sub>: est le chiffre du même paramètre à la sortie.

## RESULTATS ET DISCUSSION

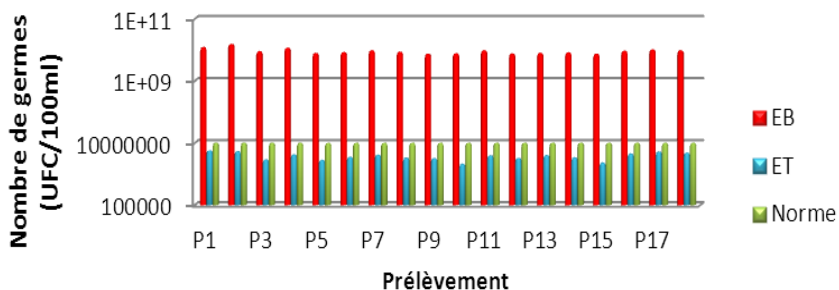
### Résultats des analyses bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques hebdomadaires des eaux usées brutes (EB) et des eaux épurées traitées (ET) sont analysés et comparés aux normes recommandées par l'OMS afin d'évaluer le rendement épuratoire du traitement par boues activées au niveau de la station d'épuration de Médéa.

#### Coliformes totaux (CT)

Sur la base des données représentées par la figure 1, on constate que l'effluent brute est caractérisé par des teneurs très élevées en coliformes totaux oscillant entre  $7,40 \times 10^9$  et  $15,3 \times 10^9$ /100 ml d'eau usée (Figure 1) avec une moyenne de  $9,28 \times 10^9 \pm 2,03 \times 10^9$ /100ml. Selon Cabral (2010), ces concentrations très élevées résultent de l'abondance en nutriments, en oxygène dissous, un pH alcalin et une température modérée. Ces derniers constituent des conditions de milieu idéales pour la prolifération des bactéries.

L'abondance en coliformes totaux dans l'effluent traité, dépend de la qualité microbiologique des eaux brutes d'une part et d'autre part de l'efficacité de la filière de traitement à éliminer les bactéries. Les résultats montrent que le taux de ces germes a fortement diminué. Une teneur moyenne de  $3,81 \times 10^6 \pm 1,03 \times 10^6$ /100 ml avec des concentrations comprises entre  $2,10 \times 10^6$  et  $5,70 \times 10^6$ /100 ml sont enregistrées. Cependant, ces valeurs restent dans la limite de la norme fixée entre  $10^3$  et  $10^7$  germes/100 ml et impliquent une certaine probabilité d'existence de bactéries pathogènes pour l'homme.



**Figure 1 : Variations hebdomadaires des Coliformes totaux**

### Coliformes fécaux (CF)

Les coliformes fécaux sont plus appropriés que les coliformes totaux comme indicateurs de contamination fécale. Les résultats obtenus (Figure 2) montrent que les concentrations en coliformes fécaux dans les eaux brutes sont comprises entre  $2,20 \times 10^9$  et  $4,80 \times 10^9$ /100 ml. D'après Gleeson et Gray (1997), ces valeurs très élevées sont dues à la capacité de ces germes à résister aux conditions environnementales difficiles.

Le nombre de ces germes a régressé après traitement où on a dénombré dans 100 ml d'eau épurée, des valeurs comprises entre  $7 \times 10^5$  et  $2,20 \times 10^6$  germes dépassant la limite préconisée par l'OMS pour les normes de rejet fixées à  $10^6$  germes/100 ml. Le respect de cette limite devrait, en principe, garantir l'absence de pathogènes d'origine entérique (Trad Raïs et Xanthoulis, 1999).

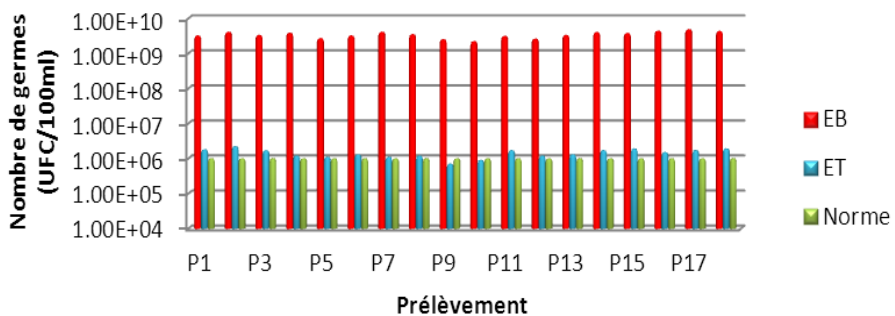


Figure 2 : Variations hebdomadaires des Coliformes fécaux

### Streptocoques fécaux (SF)

Les analyses montrent des concentrations assez élevées à l'entrée de la STEP oscillant entre  $1,70 \times 10^9$  et  $3,20 \times 10^9$  germes/100 ml d'eau brute. Ces concentrations tendent à diminuer au point de rejet avec un maximum de  $6,80 \times 10^5$ /100 ml et un minimum de  $3 \times 10^5$  germes /100 ml d'eau traitée (Figure.3).

On constate que l'effluent traité ne répond pas aux recommandations de l'OMS fixés à  $10^5$ , ceci est due probablement à la résistance notoire des Streptocoques aux agents désinfectants (Haslay et Leclerc, 1993) ainsi qu'à l'augmentation de la population raccordée au système d'épuration.



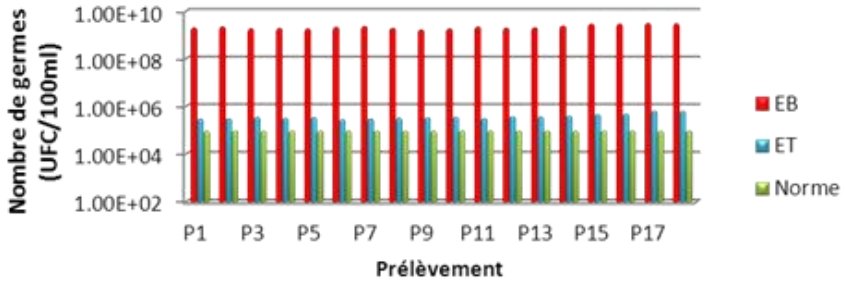


Figure 3 : Variations hebdomadaires des Streptocoques fécaux

### Spores de Clostridium sulfito-réducteurs (ASR)

Les spores des clostridies peuvent survivre dans l'eau et dans l'environnement pendant plusieurs mois, elles ne seraient pas toujours inactivées par le chlore et par les rayons ultraviolets (Sartory, 1985). La présence de ces germes indique aussi la présence de sulfite de Fer, qui provoque l'apparition des mauvaises odeurs et peut être à l'origine de la corrosion des conduites (Rodier et al., 2005).

Durant cette étude, les teneurs en ASR sont relativement stables oscillant autour d'une valeur moyenne de l'ordre de  $3,43 \times 10^4 \pm 7,91 \times 10^3$  spores/20 ml à l'entrée du système d'épuration. A sa sortie, la valeur moyenne est de l'ordre de  $3,73 \times 10^2 \pm 83.67$  spores/20 ml (Figure 4).

Il est à noter également que la charge microbienne en ASR est moins importante que celle en coliformes tant dans l'effluent brute que dans l'effluent traité. En outre, Wéry et al., (2009), Wen et al., (2010) ont suggéré que la dispersion environnementale des *Clostridiaceae* par les effluents des STEP est très significatif en raison de la capacité de ces bactéries à produire des spores qui résistent aux conditions environnementales difficiles.

Le rôle des effluents dans la distribution de *Clostridium sp.* dans les écosystèmes d'eau est largement reconnue et la possible propagation de *C. difficile* dans les plans d'eau par ces effluents devient une source de préoccupation particulière (Bonadonna et al., 2002; Schijven et al., 2003).

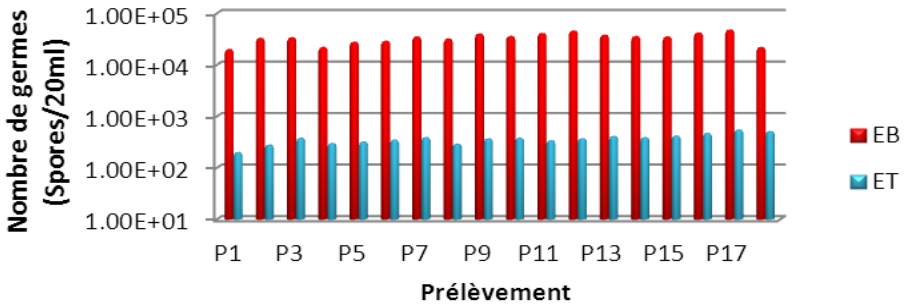


Figure 4 : Variations hebdomadaires des ASR

### Germes pathogènes

Les bactéries pathogènes des genres *Salmonelles* et vibrions cholériques, n'ont pas été détectés. Cette absence a été mentionnée dans d'autres études au niveau des eaux usées en dépit de la présence d'une forte charge en bactéries d'origine fécale (Abdoulkacem et al., 2007).

Trad Rais (1995) indique que la présence des *Salmonelles* dans les eaux usées est très faible. Cependant, Alouini (1993) mentionne que les risques épidémiologiques des agents pathogènes comme *Salmonella* et le *vibrio cholerae* sont nuls, seuls les risques liés aux coliformes fécaux et streptocoques fécaux sont latents.

### Flore fongique

Les champignons sont des organismes qui se caractérisent par leurs faibles exigences nutritionnelles, mais possèdent aussi la capacité d'utiliser une grande variété de substrats (Botton et al., 1990).

Au cours de cette étude, nous avons constaté que le nombre d'espèces de type *Candida sp.* rencontré est plus important au niveau des eaux brutes (Tableau 1).

L'enrichissement des eaux en éléments minéraux et nutritifs fait que ces espèces fongiques trouvent un environnement favorable à leur développement.

Après traitement, ces levures seront adsorbés à la surface des particules de taille plus ou moins importante ce qui implique leur décantation dans le clarificateur.

La présence de champignons potentiellement pathogènes du genre *Candida* particulièrement *Candida albicans* dans les eaux de surface et les eaux usées indique que la source directe est l'homme, principalement le système digestif (Biedunkiewicz et Ozime, 2009). La plupart des champignons trouvés dans les eaux usées sont associés aux eaux usées des sanitaires (Karczewska, 1972).

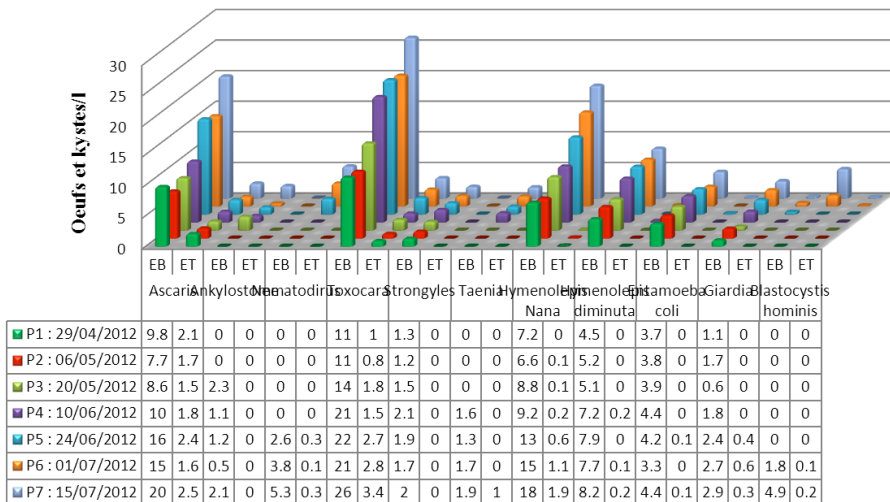
**Tableau 1 : Résultats des analyses mycologiques (EB : eaux brutes, ET : eaux traitées)**

18/03/2012		15/04/2012		13/05/2012		10/06/2012		15/07/2012	
EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET
++	-	+++	+	+++	+	+++	+	+++	++

(+++) Très fréquentes, (++) Moyennement fréquentes, (+) Faiblement fréquentes, (-) Absentes

### Analyse parasitologique

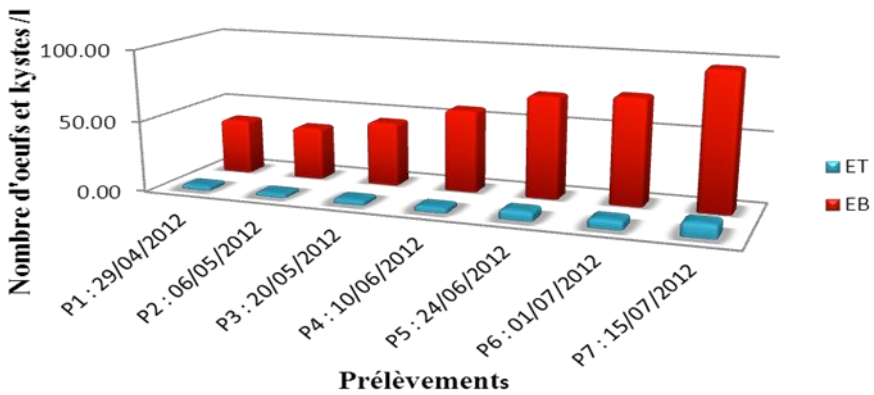
L'analyse parasitologique traduit une diversité parasitaire et une différence sur le plan quantitatif. L'observation microscopique révèle la présence d'œufs d'helminthes parasites, d'œufs de strongles et des kystes de protozoaires (Figure 5).



**Figure 5 : Variations des différents types de parasites identifiés dans les eaux brutes et traitées**

La teneur moyenne en œufs d'helminthes et kystes de protozoaires dans les eaux usées brutes est de l'ordre de  $60,29 \pm 21,9$  œufs/l ce qui révèle une pollution fécale véhiculée par ces effluents non traités. Selon Bouhoum et al., (1997), la concentration en œufs d'helminthes parasites et kystes des protozoaires dans les eaux usées urbaines est fortement liée au facteur démographique et par conséquent, au nombre d'habitants raccordés à la STEP.

A la sortie de la STEP de Médéa, l'eau épurée présente une charge parasitaire moins dense (Figure 6) avec une moyenne de  $5,06 \pm 2,64$  œufs/l, ce qui signifie qu'il y a eu un bon abattement mais qui reste supérieur aux normes de l'OMS concernant les eaux destinées à l'irrigation qui doit être inférieure ou égale à 1 œuf/l.



**Figure 6 : Variation des kystes de protozoaires et œufs d'helminthes dans les eaux usées et traitées**

L'analyse des résultats de la variation de la charge parasitaire en fonction des mois de prélèvement montre que les concentrations en parasites les plus élevées sont enregistrées durant les mois les plus chauds (Juin, Juillet). Les résultats obtenus dans cette étude concordent avec ceux de l'OMS (1989) qui montrent que l'abondance des parasites en période été printemps est due aux conditions de température, d'humidité, d'oxygène et de rayonnement solaire favorables à la maturation de ces parasites.

Pour les kystes de protozoaires, représentés par les kystes d'*Entamoeba coli*, *Giardia lamblia intestinalis* et *Blastocystis hominis*, une concentration moyenne égale à  $6,80 \pm 2,62$  kystes/l au niveau des eaux usées brutes et  $0,26 \pm 0,32$  kystes/l au niveau des eaux traitées sont enregistrées,

Les œufs d'helminthes identifiés dans ces eaux usées appartiennent aux classes des nématodes et des cestodes avec une prédominance des nématodes. Cette prédominance a été signalée par plusieurs auteurs au monde (Stien et al., 1987; Sylla et al., 2008; Benel harkati et al., 2012).

Hajjami et al., (2012), Schwartzbrod et al., (2003), Alouni et al., (1995), Guessab et al., (1993) ont rapporté que les œufs des nématodes intestinaux sont plus résistants que ceux des cestodes dans les eaux usées.

Pour les nématodes, la teneur moyenne est de  $34,85 \pm 12,96$  œufs/l dans les eaux usées brutes et  $4,04 \pm 1,37$  œufs/l dans les eaux épurées. Les espèces présentes, appartiennent aux genres, *Ascaris*, *Toxocara*, *Nematodirus*, *Ankylostoma*, et les strongles.

La teneur moyenne des cestodes est de  $18,65 \pm 6,63$  œufs/l à l'entrée de la STEP et  $0,77 \pm 1,08$  œufs/l à la sortie. Les espèces identifiées sont *Taenia sp.*, *Hymenolepis nana* et *Hymenolepis diminuta*

Les résultats de l'étude parasitologique, concernant les eaux usées traitées destinées à l'irrigation, sont largement supérieurs aux directives de l'OMS. En effet, l'OMS exige une concentration en œufs qui doit être inférieure ou égale à 1 œuf/l.

La présence des nématodes intestinaux et particulièrement *Ascaris sp.*, dans les eaux usées est considérée comme un risque majeur pour la santé et pour la réutilisation de ces eaux en agriculture (Hatam-Nahavandi et al., 2015).

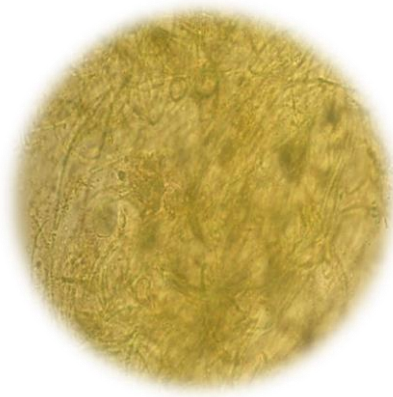
## **Observation microscopique**

L'examen microscopique des boues activées montre qu'il s'agit d'un milieu très diversifié, où se rencontrent des bactéries, des protozoaires, des métazoaires, des algues, etc...D'après Pandolfi (2006), les microorganismes présents dans le bassin d'aération sont maintenus sous forme de floccs. Une bonne décantation nécessite donc un équilibre entre ces différents microorganismes ce qui empêche les phénomènes de "bulking" ou de moussage.

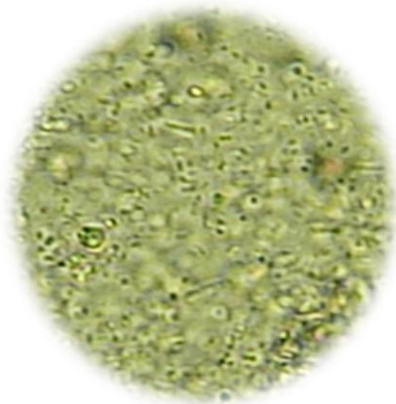
## **Observation du liquide interstitiel**

Le liquide interstitiel représente dans la plupart des stations la qualité des eaux à la sortie. C'est donc un indicateur du niveau de traitement. Ainsi, plus la charge massique est élevée, moins le niveau de traitement sera élevé (Canler, 2004).

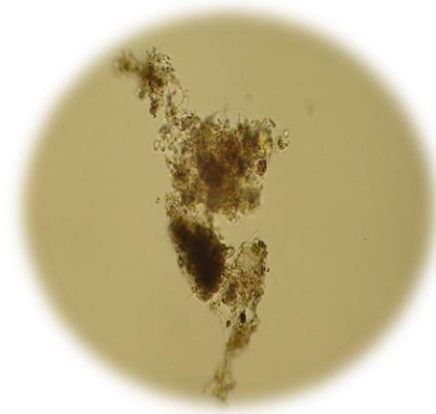
Trois types de croissance de la population bactérienne ont été observés (Figure 7) avec une dominance de la croissance floculée. Ce type de croissance est recherché dans le traitement de l'eau usée car selon Canler et al., (1999), il facilite la séparation floc bactérien-eau traitée au niveau du clarificateur et garantit ainsi une bonne qualité de l'eau rejetée.



croissance filamenteuse (Grx 100)



croissance dispersée (Grx100)



Croissance floculée (Grx40)

**Figure 7 : Types de croissance bactérienne observée sous microscope optique**

## ❖ Microfaune

La microfaune est composée d'animaux microscopiques composés de protozoaires et de métazoaires. Ces organismes participent à l'élimination des bactéries libres qui constituent leurs proies et à la cohésion du floc par leurs déjections (Canler, 2004). Leur observation au microscope, donne des indications sur la qualité du traitement.

### ➤ Protozoaires

#### *Amibes*

On note la présence d'amibes libres et d'amibes à thèque (Figures 8 et 9). La présence d'amibes libres est souvent corrélée à une bonne oxygénation et presque toujours à un bon traitement du carbone. Tandis que les thécamébiens indiquent une stabilité du système dans le domaine de très faible charge (âge de boue élevé donc boues minéralisées), entraînant une bonne qualité des eaux de sortie (Canler et al., 1999).

*Diffugia globulosa* est un grand thécamébien recouvert souvent de grains de sable et autre corps étrangers (Figure 10). Selon Canler et al., (1999), c'est un indicateur de stations fonctionnant en aération prolongée, minéralisation assez poussée des boues (âge de boue supérieur à 20-30 jours). Sa présence indique la bonne qualité de l'effluent traité (Cordi et al., 2012).

La présence d'*Arcella vulgaris* (Figure 11) témoigne d'une installation fonctionnant dans le domaine d'une faible charge ou d'une aération prolongée, ou d'une bonne performance en nitrification d'où un bon degré d'aération (Canler et al., 1999).

#### *Ciliés*

Ils correspondent à la classe dominante lors des observations au microscope (70 % des populations) pour des installations fonctionnant correctement dans le domaine de l'aération prolongée (Hu et al., 2013). Les ciliés protozoaires produisent des effluents traités clairs de bonne qualité en raison de leur capacité à se nourrir sur les bactéries et les particules en suspension et d'induire la floculation (Ratsak et al., 1996).

Selon Canler et al., (1999), la présence d'*Epistylis plicatilis* (Figure 12) est associée à un fonctionnement correct et stable de l'installation. Ce genre est présent dans les boues fortement concentrées ayant un taux de MVS élevé et indique un bon traitement de la charge organique et de  $\text{NH}_4^+$ . Il est rarement présent dans les effluents traités de très bonne qualité.

*Carchesium polypinum* (Figure 13) est présent dans les installations au fonctionnement stable où le processus de nitrification est bien développé. C'est un indicateur d'effluent de bonne voire de très bonne qualité (Salvado et al., 1995).

*Aspidisca costata* est un protozoaire hypotriche (Figure 14), très mobile par nage ou par reptation sur le floc. Fréquemment rencontré, et pouvant être la faune dominante. Son abondance est généralement liée à une forte charge. Selon Mihaylova et al., (2014), sa présence indique un bon phénomène de nitrification, Par ailleurs, *Stentor sp* (Figure 15) est un hétérotrophe indicateur d'effluent traité de très bonne qualité (Canler et al., 1999) .

### ➤ Métazoaires

Ils contribuent à l'amélioration de la floculation par l'excrétion de produits et sont de bons indicateurs de la qualité du traitement (Canler et al., 1999) .

#### *Nématodes*

L'abondance des nématodes dans les systèmes à boues activées représente généralement moins de 1% de la microfaune (Salvado et al., 1995). Ce sont des métazoaires assez résistants à la sous- aération du milieu, leur présence n'est pas défavorable au processus épuratoire (Figure 16). On ne peut pas les considérer comme indicateurs de la qualité du traitement, par contre en densité importante, ils sont un signe de dépôts dans le bassin d'aération ou le décanteur (Canler et al., 1999) .

#### *Tardigrade*

Ce genre est un indicateur d'une très bonne qualité de l'eau traitée (concentration en  $\text{DBO}_5$  et  $\text{NH}_4^+$  très faibles, nitrification très importante) (Canler et al., 1999).



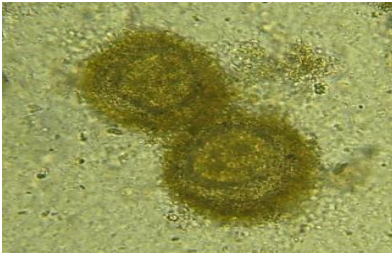
*Evaluation de la charge en pathogènes et de la microfaune dans les eaux de l'effluent brute et traité rejeté dans un milieu récepteur : cas de la station d'épuration de Médéa*



**Figure 8 : Amibe libre Grx40**



**Figure 9 : Amibe à thèque Grx40**



**Figure 10 : *Diffugia globulosa* Grx40**



**Figure 11 : *Arcella vulgaris* Gr x40**



**Figure 12 : *Epistylis plicatilis* Grx40**



**Figure 13 : *Carchesium polypinum* Grx40**



**Figure 14 : *Aspidisca costata* Grx40**



**Figure 15 : *Stentor sp* Grx40**



**Figure 16 : Nématode Grx40**

Le tableau 2 présente les différentes fréquences d'apparition des éléments de la microfaune. Selon Cordi et al., (2012), la présence de flagellés dans une basse fréquence indique un manque de concentration en nutriments organiques solubles en accord avec les résultats de l'élimination de la DCO. Tandis que la fréquence élevée des ciliées indique la réduction de la présence de bactéries confirmant la consommation de la matière organique par les organismes déprédateurs primaires.

**Tableau 2 : Fréquence des espèces de la microfaune dans la boue activée**

Protozoaires		Fréquence	Signification de la présence de cette microfaune
<b>Flagellés</b>	Les petits flagellés à mouvement lents	+	Leur prédominance signifie un déficit en oxygène ou une surcharge en matière organique (Bento et al., 2005)
<b>Amibes</b>	❖ Rhizopodes		
	- Amibes	+++	La prédominance des amibes caractérise des boues bien oxygénées avec un bon traitement du carbone.
	- Thécamébiens		
	- <i>Arcella</i>	++	La présence d' <i>Arcella</i> indique un bon processus d'épuration (Bento et al., 2005) et une bonne performance en nitrification (Canler et al., 1999).
	- <i>Diffugia</i>	+	La présence de <i>Diffugia</i> indique une minéralisation assez poussée des boues
<b>Ciliés</b>	❖ Péritriches		
	- <i>Epistylis</i>	++	La présence d' <i>Epistylis</i> caractérise des boues fortement concentrées et indique un bon traitement de la charge organique et du NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .
	- <i>Carchesium</i>	+	<i>Carchesium</i> est un indicateur d'effluent de bonne qualité.
	❖ Hypotriches		
	- <i>Aspidisca</i>	+++	La présence d' <i>Aspidisca</i> indique un phénomène de nitrification (Bento et al., 2005)
	❖ Hétérotriches		
	- <i>Stentor</i>	+	La présence de <i>Stentor</i> indique un effluent traité de très bonne qualité.
<b>Métazoaires</b>			
<b>Nématodes</b>		+++	signe de dépôt au fond du bassin.
<b>Tardigrades</b>		+	Indicateur d'une très bonne qualité de l'eau traitée et une nitrification très importante

+++ Espèces très fréquentes ; ++ Espèces moyennement fréquentes ; + Espèces rares

## Rendements épuratoires

### Rendement des paramètres bactériologiques

Les résultats des rendements épuratoires moyens des analyses bactériologiques sont présentés par les figures (17-20).

Le traitement s'est avéré efficace en ce qui concerne l'abattement du nombre de coliformes totaux, fécaux, streptocoques fécaux et les anaérobies sulfito-réducteurs avec des rendements épuratoires respectifs de 99,96%, 99,96%, 99,98% et 98,91%, ce qui est en accord avec les résultats de Shuval, (1991). En effet, les systèmes d'épuration biologiques par boues activées sont les plus efficaces en ce qui concerne la réduction de la biomasse bactérienne avec des taux qui peuvent varier entre 90 à 99,9%.

Cependant, malgré cet abattement très satisfaisant, les teneurs en coliformes fécaux et streptocoques fécaux restent supérieures aux limites recommandées par l'OMS, ceci est due probablement à l'augmentation de la population raccordée au système épuratoire, ce qui nécessite l'agrandissement du dispositif d'épuration.

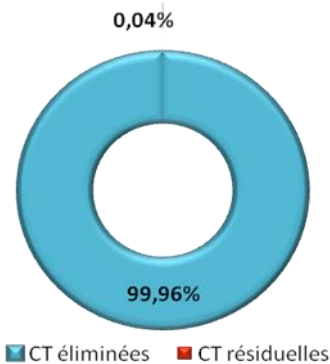


Figure 17 : Abattement des CT

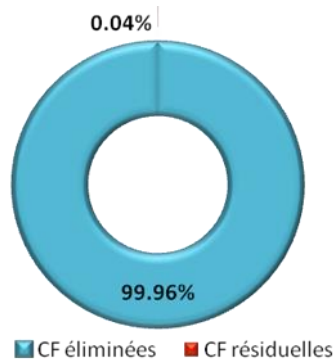
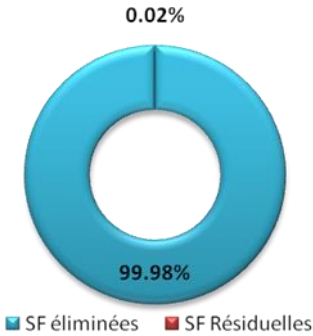
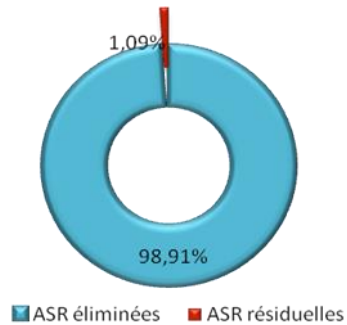


Figure 18 : Abattement des CF

*Evaluation de la charge en pathogènes et de la microfaune dans les eaux de l'effluent brute et traité rejeté dans un milieu récepteur : cas de la station d'épuration de Médéa*



**Figure 19 : Abatement des SF**



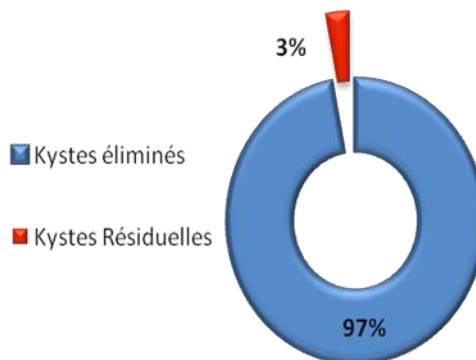
**Figure 20 : Abatement des ASR**

### ***Rendement des paramètres parasitologiques***

Le taux de réduction de toute la charge parasitaire est de 92% (Figure 21). D'après Shuval (1991), le système de traitement des eaux usées par boues activées entraîne une réduction de 90 à 99% des protozoaires et d'helminthes.

Le rendement d'élimination des œufs d'helminthes est inférieur à celui des kystes de protozoaires (Figure 22).

Shuval (1991) soulignent l'influence des conditions environnementales sur la survie des éléments parasitaires dans les eaux usées : ainsi pour les kystes de protozoaires, ils signalent l'importance des phénomènes de prédation. En revanche, pour les œufs d'helminthes, ils possèdent une plus grande résistance vis-à-vis des différentes conditions environnementales.



**Figure 21 : Abatement de la charge parasitaire**

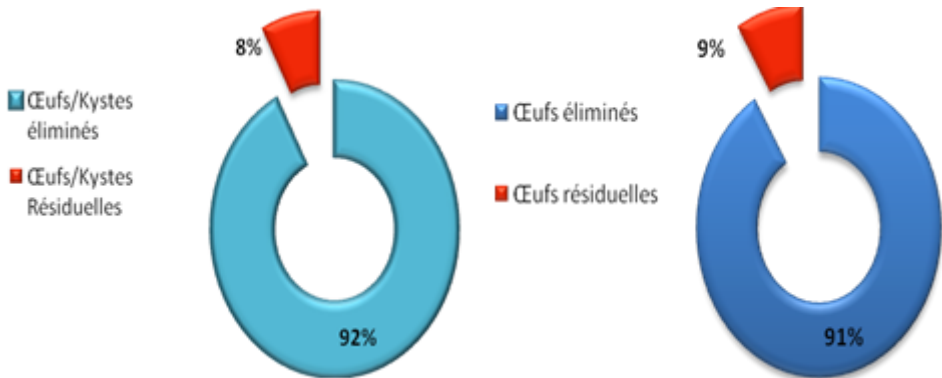


Figure 22 : Abattement des kystes de protozoaires et des œufs d'helminthes

## CONCLUSION

Le traitement des eaux usées par le procédé de boues activées au niveau de la station d'épuration de la wilaya de Médéa présente une efficacité quant à la diminution de la charge bactérienne et parasitaire, avec un taux d'élimination qui dépasse les 90%.

Cependant, malgré cet abattement satisfaisant, des teneurs en coliformes fécaux, streptocoques fécaux et en œufs d'helminthes restent supérieures aux limites recommandées par l'OMS, ce qui indique l'impuissance de la STEP devant l'augmentation de la population raccordée à la station, d'où la nécessité d'agrandir le dispositif d'épuration.

L'observation microscopique de la boue activée montre la présence d'une variété d'espèces : protozoaires (ciliés, rhizopodes) et métazoaires (nématodes et Tradigrades), signifiant ainsi que le bassin a un bon état général de fonctionnement.

Nos données fournissent la première information sur la distribution des parasites et de la microfaune dans les échantillons des eaux usées provenant de la station d'épuration de Médéa. Le rejet de ces effluents traités dans les eaux de surface ou leur utilisation pour l'irrigation des terres agricoles pourraient augmenter le risque d'infection humaine avec ces parasites zoonotiques à travers la consommation de fruits et légumes crus.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent vivement à remercier les membres de toute l'équipe travaillant dans la station d'épuration de Médéa.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABOULKACEM A., CHAHLAOUI A., SOULAYMANI A., RHAZI-FILALI F. et BENALI D. (2007). Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc). *Remise*. Vol. 1, Issue 1, 10-22.
- ALOUINI Z. (1993). Flux de la charge parasitaires dans cinq stations d'épuration en Tunisie, *Revue des sciences de l'eau*. Vol. 6, Issue 4, 453-462.
- ALOUINI Z., ACHOUR H., ALOUINI A. (1995). Devenir de la charge parasitaire des eaux usées traitées dans le d'irrigation "Cebala". In: Zekri S. (ed), Laajini A. (ed). *Agriculture, durabilité et environnement. Cahiers Options Méditerranéennes*. Issue 9, 117-124.
- BELAID N. (2010). Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hadjeb- Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat. Université de Sfax.
- BENEL HARKATI F., ELKHARRIM K., SADEK S., ELMARKHI M., BELGHITY D. (2012). Analyse parasitologique des eaux usées brutes de la ville de Sidi Yahia Du Gharb (Maroc). *ScienceLib. Edition Mersenne*. Vol. 4, Issue 120711, 10p.
- BENTO A.P., PHILIPPI L.S., SEZERINO P.H, REGINATTO V., LAPOLLI F.R. (2005). Microfauna characterization in activated sludge wastewater treatment plant: an instrument of assessment and control of process. *ARTIGO TECNICO*: 329-338. .
- BIEDUNKIEWICZ A., T. OZIME T. (2009). Qualitative and Quantitative Changes of Potentially Pathogenic Fungi in a Hydrophyte Wastewater Treatment Plant. *Polish J. of Environ. Stud.* Vol. 18, Issue 2, 161-166.
- BONADONNA L., BRIAN ESCO R., CATALDO C., DIVIZIA M., DONIA D., PANA A. (2002). Fate of bacterial indicators, viruses and protozoan parasites in a wastewater multi-component treatment system. *New Microbiol.* 25, 413-420.
- BOTTON B., BRETON A., FEVRE M., GAUTHIER S., GUY P.H., LARPENT J.P., REYMOND P., SANGLIER J.J., VAYSSIER Y., VEAU P. (1990). *Moisissures utiles et nuisibles, importance industrielle*. Edition Masson, 511p.

- BOUHOUM K., AMAHMID O., HABBARI K. H., SCHWARTZBROD J. (1997). Devenir des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires dans un canal à ciel ouvert alimenté par les eaux usées de Marrakech, *Revue des sciences de l'eau*, 217-232.
- CABRAL J.P.S. (2010). Water Microbiology. Bacterial Pathogens and Water. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. Vol 7, 3657-3703.
- CANLER J.P. (2004). Dysfonctionnement biologique des stations d'épuration – Origines et solutions. *Gis-Biostep*. Cemagref éditions, 123p.
- CANLER J.P., PERRET J.M., DUCHENE P., COTTEUX E. (1999). Aide au diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des boues activées. *QUAE éditions*, 155p
- CORDI L., ASSALIN M.R., PONEZI A.N., DURAN N. (2012). Identification of Microbiota for Activated Sludge Acclimated By Paper Mill Effluent Kraft E1 Bioremediation. *J Bioremed Biodeg*. 3,169.
- DELARRAS C. (2010). Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation- Prélèvements- Analyses. Ed. TEC et DOC/ Lavoisier Paris, 542 p.
- GLEESON C., GRAY N. (1997). The coliform index and waterborne disease problems of microbial drinking water assessment. *E & FN Spoon*, London, 194p.
- DRAKIDES C. (1980). La microfaune des boues activées. Etude d'une méthode d'observation et application au suivi d'un pilote en phase de démarrage. *Water Research*, Vol.14, 1199-1207.
- GUESSAB M., BIZE J., SCHWARTZBROD J., MANI A., MORLOT M., NIVAULT N. ET SCHWARTZBROD L. (1993). Wastewater treatment dry infiltration percolation on sand: Sergao results in Ben. Morocco. *Water Science Technology*. Vol 17, 91-95.
- HAJJAMI K., M. M. ENNAJI M.M, FOUAD S., OUBRIM N., KHALLAYOUNE K., COHEN N. (2012). Assessment of Helminths Health Risk Associated with reuse of Raw and Treated Wastewater of the Settat City (Morocco). *Resources and Environment*. Vol 2, Issue 5, 193-201.
- HASLAY C., LECLERC H. (1993). *Microbiologie des eaux d'alimentation*. Lavoisier, éd. Paris, 367p.
- HATAM-NAHAVANDI K., MAHVI A.H., MOHEBALI M., KESHAVARZ H., MOBEDI I., REZAEIAN M. (2015). Detection of parasitic particles in domestic and urban wastewaters and assessment of removal efficiency of treatment plants in Tehran, Iran. *Science & Engineering*. 13:4.
- HU B., QI R., YANG M. (2013). Systematic analysis of microfauna indicator values for treatment performance in a full-scale municipal wastewater treatment plant. *Journal of Environmental Sciences*. Vol 25, Issue 7, 1379-138.



- KANTACHOTE D., DANGTAGO K. & SIRIWONG, C. (2009). Treatment efficiency in wastewater treatment plant of Hat Yai Municipality by quantitative removal of microbial indicators Songklanakarin. J. Sci. Technol., Vol 31, Issue 5, 567-576.
- KARCZEWSKA H. (1972). Studies on the flora of microorganisms occurring in activated sludge and biological beds according to the quality of industrial wastes. Swedish water and pollution Research Laboratory, 43p.
- LEBRES E., AZIZI D., HAMZA A., TALEB F. et TAOUCHICHET B. (2002). Manuel des travaux pratiques. Institut Pasteur d'Algérie, 20p.
- MRABET K. (1991). Etude de la contamination des champs d'épandages de la ville d'Oujda par les œufs d'helminthes et leur transmission dans le réseau trophiques. Thèse 3ème cycle. Fac. Sci. d'Oujda. 120p.
- DASHA MIHAYLOVA D., PROKOPOV T., MIHALKOV N. (2014). Hydrobiological Investigation of the Activated Sludge from Sequencing Batch Reactors of WWTP-Hisary. Ecologia Balkanica. Vol 5, special edition, 41-47.
- OMS. (1989). L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture: recommandations à visées sanitaires - Rapport d'un groupe d'experts de l'OMS. Série de rapports techniques 778 OMS, Genève.
- OMS. (1997). Analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en agriculture. Manuel des techniques de laboratoire en parasitologie et bactériologie, Genève, 31p.
- PANDOLFI D. (2006). Caractérisation morphologique et physiologique de la biomasse des boues activées par analyse d'images. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine, 142p.
- RATSAK C.H., MAARSEN K.A., KOOIJMAN S. (1996). Effects of Protozoa on carbon mineralization in activated sludge. Water Research 30: 1-12.
- RAWEH S., ELKHARAIM K., Cisse M., EL GUAMRI Y., ABCHIR Y., et BELGHYTI D. (20,0). Aspect parasitologique des eaux usées rejetées dans le bas Sebou (kénitra, maroc). World Journal of Biological Research, 12 p.
- RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., et BRUNET R. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Paris: DUNOD, 1383p.
- SALVADO H., GRACIA M. P., AMIGO J.M. (1995). Capability of ciliated protozoa as indicators of effluent quality in activated sludge plants. Water Res. , 29, 1041-1050.
- SARTORY D.P. (1986). Membrane filtration enumeration of faecal clostridia and *Clostridium perfringens* in water. Water Res., 10, 1255-1260.
- SCHIJVEN J.F., DE BRUIN H.A., HASSANIZADEH S.M., DE RODA HUSMAN A.M. (2003). Bacteriophages and Clostridium spores as indicator organisms for removal of pathogens by passage through saturated dune sand. Water Res. 37, 2186-2894.

- SCHWARTZBROD J., BANAS S. (2003). Parasite contamination of liquid sludge from urban wastewater treatment plants. *Water Science Technology*, Vol. 47, Issue 3, 163-166.
- SHUVAL H. I. (1991). The development of health guidelines for wastewater reclamation. *Water Sci. Technol.* Vol 24, Issue 7, 149-155.
- STIEN J. L., et SCHWARTZBROD J. (1987). Devenir des oeufs d'helminthes au cours d'un cycle d'épuration des eaux usées urbaines. *Revue internationale des séries de l'eau*, Vol 3, Issue 3/4, 77-82.
- SYLLA I., BELGHYTI D. (2008). Analyse parasitologique des eaux usées brutes de la ville de Sidi Yahia du Gharb (Maroc). *Revue Mondiale de la Recherche Biologique*. Vol 001, Issue 2, 1-10.
- THEVENOT M T., LARBAIGT G., COLLOMB J., BERNARD C., SCHWARTZBROD J. (1985). Recovery of helminth eggs in compost in the course of composting, In: *Inactivation of Microorganisms in Sewage Sludge by Stabilisation Processes*. Elsevier Science Publishing Co., New York, pp. 158-167.
- TRAD RAÏS M. (1995). Charge bactérienne des eaux usées tunisiennes avant et après traitement d'épuration. *J. Eur. Hydrol.* Vol 26, Issue3, 317-326.
- TRAD-RAÏS. M et XANTHOULIS. D. 1999. Amélioration de la qualité microbiologique des effluents secondaires par stockage en bassins. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, Vol 3, Issue 3, 149-157.
- WEN Q., TUTUKA C., KEEGAN A., JIN B. (2009). Fate of pathogenic microorganisms and indicators in secondary activated sludge wastewater treatment plants. *J. Environ. Manage.* 90, 1442-1447.
- WERY N., MONTEIL C., POURCHER A.M., GODON J.J. (2010). Human specific fecal bacteria in wastewater treatment plant effluents. *Water Res.* 44, 1873-1883.