

## ملخص :

أجريت دراسة على عينات الحمأة التي جمعت من محطتي معالجة مياه الصرف الصحي في الجزائر العاصمة : محطة بني مسوس ومحطة براق، ما بين شهري ماي و أوت 2013، بينت التحاليل وجود طفيليات البروتوزوا وبيض الديدان الطفيلية (بيض الديدان الشريطية، الخيطية)، وإستخدمت النتائج لتقييم النوعية الصحية للحمأة المدروسة في المحطتين، والفعالية النسبية لعملية المعالجة (الحمأة المنشطة).

**كلمات البحث :** الحمأة، الديدان، الطفيليات، البيض، الصحية.

## Résumé :

Une étude parasitologique a été réalisée sur des échantillons de boues collectés à partir de deux stations d'épuration situées à Alger : STEP de béni messous et STEP de Baraki entre les mois de mai et de d'août 2013. L'analyse a mis en évidence des kystes de protozoaires, et des œufs d'Helminthes (nématodes, cestodes et trématodes), avec une prédominance des kystes de protozoaire sur les œufs d'helminthes.

Les résultats obtenus ont permis d'évaluer la qualité hygiénique des boues des deux stations et l'efficacité relative du procédé de traitement (boues activées).

**Mots clés :** boue ; helminthes ; parasitologie ; protozoaire ; hygiénique.

## Abstract:

A parasitological study was conducted on sludge samples collected from two wastewater treatment plants in Algiers : Beni Messous-STEP and Baraki –STEP between May and August 2013. The analysis revealed protozoan cysts and eggs Helminths (nematodes, cestodes and trematodes), with a predominance of protozoan cysts on helminths eggs.

The results were used to assess the hygienic quality of sludge from two stations and the relative effectiveness of the treatment process (activated sludge).

**Keywords:** sludge, helminths ; parasitological, protozoa ; hygienic.



# TABLE DES MATIERES

## RESUME

## INTRODUCTION

## PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

### CHAPITRE.I.LES BOUES D'EPURATION

I.1. Procédés d'épuration des eaux usées .....	4
I.2. Les Différents types de boues : .....	5
I.3. Composition des boues residuaires .....	6
I.4. Mode de traitement des boues .....	8
I.5. Destination finales des boues .....	10
I.6. Intéret agronomique des boue.....	11

### CHAPITRE.II.LES ŒUFS D'HELMINTHES DANS LES BOUES D'EPURATION

II.1. Introduction .....	14
II.2. Helminthiase .....	14
II.3. Résistance des Œufs d'helminthes .....	16
II.4. Caractéristiques générales des Œufs d'helminthes .....	17
II.5. Valeurs seuils .....	18
II.6. Les Œufs d'helminthes dans les boues d'épuration : .....	19

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **CHAPITRE.III.MATERIELS ET METHODES**

III.1. Localisation géographique de la STEP de Beni Messous.....	27
III. 2 .Principe de fonctionnement de la station de Beni M essous.....	27
III.3. Prélèvement des échantillons de boue.....	28
III.4. Technique d'analyse Parasitologique.....	28

### **CHAPITRE .IV.RESULTATS ET DISCUSSIONS**

IV.1. Caractéristiques des boues des deux stations étudiées .....	33
IV.2.Résultats d'analyse des deux stations.....	33
IV.3. Discussion .....	38

### **CONCLUSION**

### **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

<b>Figure I.1</b> : Les différentes étapes du traitement des eaux usées.....	4
<b>Figure I.2</b> : Les différentes étapes du traitement des boues.....	9
<b>Figure I.3</b> : Evacuation des boues d'épuration.....	10
<b>Figure II.1</b> : cycle évolutive de <i>l'Ascaris lumbricoides</i> .....	15
<b>Figure II.2</b> : Structure de la cuticule de l'œuf d'helminthe.....	16
<b>Figure II.3</b> : Taxonomie parasitaire.....	17
<b>Figure III.1</b> : Localisation géographique de la zone d'étude.....	26
<b>Figure IV.1</b> : Œufs d' <i>Ascaris</i> .....	33
<b>Figure IV.2</b> : Œufs de <i>Trichuris</i> .....	33
<b>Figure IV.3</b> : Répartition des kystes et des œufs d'helminthes dans les échantillons collectées.....	35
<b>Figure IV.4</b> : Répartition des nématodes, cestodes dans les échantillons de boues collectées.....	36
<b>Figure IV.5</b> : Variation des œufs d'helminthes dans les échantillons de boues épaissies.....	37
<b>Figure IV.6</b> : Variation des œufs d'helminthes dans les échantillons de boues Stabilisée.....	37
<b>Figure IV.7</b> : Variation des œufs d'helminthes dans les échantillons de boues déshydratées.....	38
<b>Tableau IV.1</b> : présence des formes infectantes dans les échantillons de boues collectées.....	42

## I.1. Procédés d'épuration des eaux usées

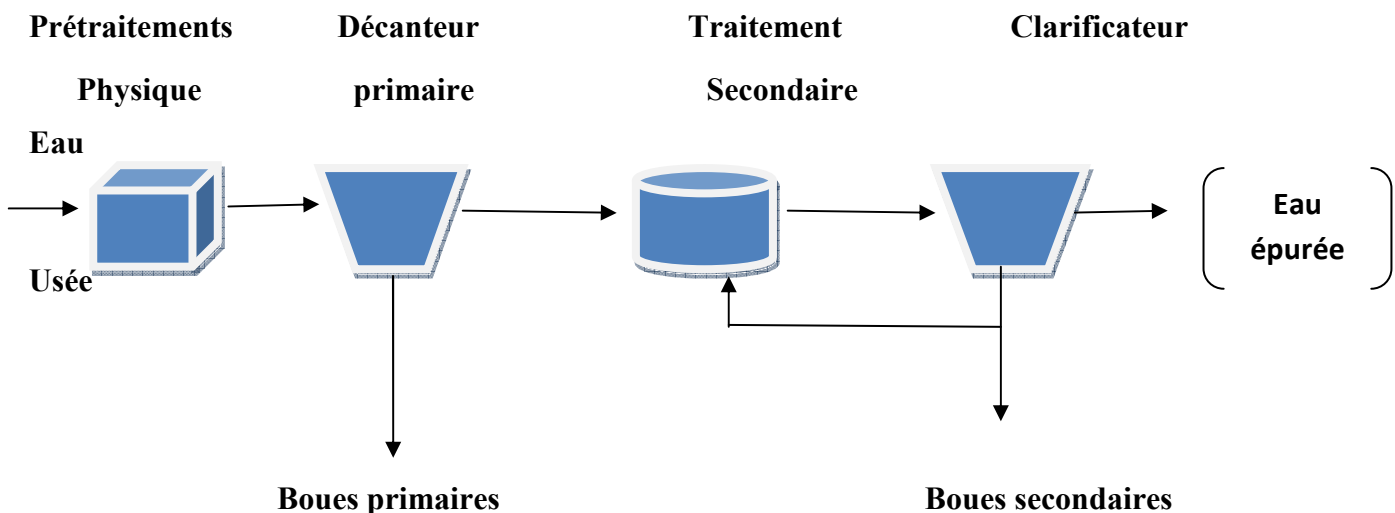
### I.1.1. Introduction

L'épuration des eaux usées consiste à décanter les éléments polluants particuliers et à extraire les éléments dissous qui sont transformés en matière sédimentable suite à un traitement approprié. Ainsi, à la sortie de la station il en résulte d'une part une eau épurée rejetée dans le milieu naturel, et d'autre part, il reste des sous-produits désignés sous le terme des boues résiduaires [4]. Les divers procédés d'épuration des eaux usées actuels entraînent une production plus ou moins importante de boues résiduaires. La matière solide de ces résidus contient à la fois des éléments naturels valorisables et des composés toxiques en relation avec la nature des activités (industrielles ou domestiques) raccordées au réseau d'assainissement. L'épandage direct de ces boues se heurte à de fortes résistances de l'opinion concernant les risques sanitaires éventuels qu'implique cette pratique du fait de la présence d'agents pathogènes, d'éléments traces métalliques et de composés organiques toxiques. Afin de préserver les productions agricoles et l'environnement, l'innocuité des boues passe par le respect de normes d'épandage ou par l'utilisation de produits dérivés de celles-ci par voie chimique ou biologique.

### I.1.2.. Les filières de traitements des eaux usées

Une station d'épuration ou une usine de dépollution est une association de plusieurs étapes de traitement (Figure 1), afin de réduire la pollution de l'eau, à la sortie de cette station. L'eau épurée doit répondre aux normes de rejet dans le milieu naturel [5].

Lors de l'épuration des eaux usées, il se produit un transfert de pollution de la phase liquide (eau) vers une phase plus concentrée (boues) et une phase gazeuse ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,...). La production de boues d'épuration est donc totalement dépendante de la filière du traitement de l'eau [6].



**Figure I.1:** Les différentes étapes du traitement des eaux usées

### I.1.3. Les prétraitements

Il est constitué d'un ensemble d'opérations physique et mécaniques :  
Dégrillage, dessablage, déshuilage, dont la mise en œuvre est largement dépendante de la nature et des caractéristiques des rejets à traiter [7].

### I.1.4. Traitement primaire

Décantation simple ou renforcée par des additifs chimiques.

### I.1.5. Traitement secondaire

#### - Traitement biologique

Il permet la biodégradation des matières organiques des eaux usées grâce à des bactéries aérobies ou anaérobies dans des systèmes suivants :

-**Système intensif** à cultures fixes telles que les lits bactériens et les disques biologiques ou à cultures libres telles que les boues activées.

- **Système extensif** dont le plus répandu et le plus classique est le lagunage surtout dans les pays à climat chaud et où le terrain est disponible à coût raisonnable. Il consiste en un lent écoulement de l'affluent dans un ou plusieurs réservoirs plus ou moins profonds.

## I.2. Les différents types de boues

### I.2.1. Origine et formation

Les boues résiduelles peuvent être considérées comme des substances extraites à partir des eaux usées afin de pouvoir récupérer dans le milieu naturel une eau épurée [8]. Le traitement primaire de décantation des eaux prétraitées sous l'influence de la pesanteur forme les boues primaires [9], au cours du traitement biologique les particules dissoutes sont fixées et métabolisées par les micro-organismes (bactéries) en présence d'oxygène, cette biomasse bactérienne est séparée par une décantation pour donner les boues secondaires, les deux types de boues issues de ce procédé sont mélangés pour donner les boues mixtes. Les boues issues d'une épuration physico-chimique sont dite boues de coagulation [10], celles-ci sont riches en résidus formés de réactifs chimiques [11].

Les boues des stations d'épuration sont classées en quatre grands groupes, selon le type de traitement on distingue [12] :

## **I.2.2. Les boues primaires**

Provenant du traitement de l'effluent par décantation simple et que l'on appelle également « boues fraiche » [13]

Elles sont issues du décanteur primaire, sont caractérisées par un taux important de matière organique (20 à 30 % de DBO<sub>5</sub>), une quantité MES très élevées de l'ordre de 80 à 90% et une odeur désagréable avec une couleur noir [14].

## **I.2.3. Les boues secondaires**

Issues des traitements biologiques (décanteur secondaire), beaucoup plus riches en azote et en acide phosphorique que les boues primaires [15].

Ce sont des boues fraîches biologiques, essentiellement sous forme de floccs de bactéries. Leurs pouvoir fermentescible dépend du temps de séjour dans le bassin d'aération (aussi appelé âge de boues)

## **I.2.4. Les boues mixtes**

Leurs caractéristiques sont dépendantes de la quantité de boues primaires et secondaire produite, ces boues sont très fermentescibles [16].

## **I.2.5. Les boues physico-chimiques**

Ces boues sont issues d'un traitement utilisant des flocculants minéraux (sels de fer ou d'aluminium). Le traitement physico-chimique est principalement utilisé sur les boues industrielles ou pour palier au sous dimensionnement de certaines stations d'épuration (station situées en zones touristiques, par exemple).

## **I.3. Composition des boues résiduares**

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et du conditionnement pratiqué dans la station d'épuration [17, 18,19]. Les boues résiduares représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants (N et P ...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes).

### **I.3.1. Matière organique:**

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 %. La matière organique des boues est constituée de matières particulières éliminées par gravité dans les boues primaires, des lipides (6 à 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (digestion, stabilisation) [20,21, 22]



### **I.3.2. Eléments fertilisants et amendements**

Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésium, calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger des carences à l'exception de celle en potassium [23, 24,25]. Les éléments traces métalliques tels que le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel présents dans les boues sont aussi indispensables au développement des végétaux et des animaux.

### **I.3.3. Contaminants chimiques inorganiques et organiques**

Ces mêmes éléments traces métalliques (cuivre, le zinc, le chrome et le nickel) indispensables au développement des végétaux et des animaux peuvent se révéler toxiques aux fortes doses [26,27]. D'autres, tels que le cadmium et plomb sont potentiellement toxiques [28,29]. Ainsi, un polluant peut être défini comme un élément ou un composé chimique ordinaire dont la nocivité n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration. Aussi, dans les boues, une multitude de polluants organiques (, Phthalates, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), polychlorobiphényle (PCB), etc) peut se trouver en concentrations en général de l'ordre de  $\mu\text{g}/\text{kg MS}$  [30,31].

La nature et la concentration des eaux usées en polluants organiques et inorganiques sont très dépendantes des activités raccordées au réseau. L'essentiel des contaminations chimiques vient des rejets industriels et dans une moindre mesure des rejets domestiques (utilisation de solvants, déchets de bricolage...). Du fait de la décantation lors du traitement, ces contaminants chimiques se retrouvent dans les boues à de très grandes concentrations par rapport aux eaux usées [32].

### **I.3.4. Les micro-organismes pathogènes**

Les boues contiennent des milliards de microorganismes vivants qui jouent un rôle essentiel dans les processus d'épuration. Seul une infime partie est pathogène (virus, bactéries, protozoaires, champignons, helminthes, etc.) et provient en majorité des excréments humains ou animaux [33]. La concentration d'une eau usée en germes pathogènes dépend du secteur d'activité d'origine:

Les eaux provenant d'abattoirs ou de toute industrie traitant de produits d'animaux sont très largement contaminées [34]. Ainsi, par mesure de précaution, et afin d'éviter de propager la maladie de la vache folle, il est interdit d'utiliser les boues d'épuration provenant des eaux usées des abattoirs pour fabriquer de la fumure ou du compost.

D'une façon générale, les boues doivent subir un prétraitement avant leur utilisation en agriculture.

## **I.4. Mode de traitement des boues**

Les boues d'épuration fraîches, du fait de leur forte teneur en matières organiques, sont le siège de fermentations, qui se manifestent généralement par la production de gaz (méthane, hydrogène sulfuré), sources de nuisances olfactives [35]. De ce fait, il est nécessaire de soumettre les boues à des traitements qui ont pour finalité, d'une part, leur stabilisation (minéralisation de la matière organique), qui limite les fermentations et, d'autre part, leur déshydratation qui réduit les volumes et donc les coûts de transport et d'élimination. Ces traitements sont susceptibles d'entraîner une inactivation des micro-organismes. D'une manière générale, le traitement des boues est défini comme l'ensemble des opérations (stabilisation, déshydratation, stockage) visant à rendre leur destination finale fiable et sans nuisance.

Selon les procédés, les modes de stabilisation peuvent être réalisés simultanément au traitement des eaux (boues "activées" en aération prolongée, lagunage) ou dans des ouvrages spécifiques.

Dans ce cas, les boues sont généralement stabilisées par digestion et éventuellement par des traitements complémentaires (post-traitements). Par ailleurs, ces boues se trouvant à l'état liquide, des traitements de concentration et de déshydratation leur sont appliqués pour les transformer en un produit pâteux.

Les principaux procédés de traitement des boues sont :

### **I.4.1. Epaissement**

L'épaissement des boues est le premier stade dans le processus de réduction de leur volume. Il permet d'augmenter la concentration en matière sèche d'un facteur compris entre 5 et 20, tout en conservant à la boue son caractère liquide [36].

### **I.4.2. La stabilisation**

Son rôle est avant tout de réduire le pouvoir fermentescible de la boue. Elle est réalisée soit par injection de réactifs chimiques (chaux vive par exemple) qui bloquent les réactions de fermentation soit le plus souvent par des méthodes biologiques anaérobies ou aérobies.

Les procédés de stabilisation biologique reposent sur l'action des microorganismes saprophytes qui dégradent la matière organique. Ceci est réalisé soit en anaérobiose (digestion anaérobie), soit en aérobiose (stabilisation aérobie).

### **I.4.3. Réduction de la teneur en eau**

La teneur en eau des boues peut être réduite par différents procédés d'épaissement ou de déshydratation, réalisés après leur conditionnement.

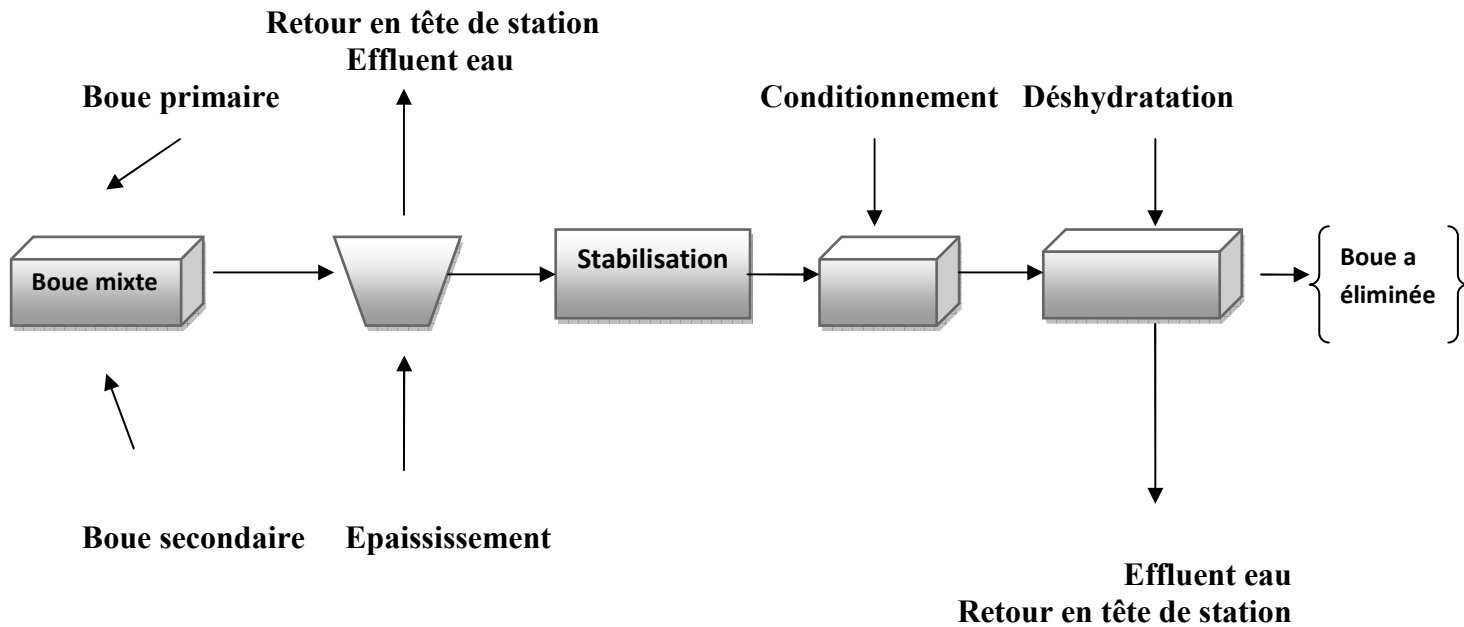
### **I.4.4. Conditionnement**

Le conditionnement est réalisé à l'aide de divers polyelectrolytes (polymères de synthèse dont la molécule de base est l'acrylamide) ou de sels métalliques, tels que le chlorure ferrique, le chlorosulfate ferrique ou le sulfate d'alumine, qui déstabilisent les charges des particules et entraînent leur floculation.

### I.4.5. Déshydratation par séchage thermique

Le séchage thermique est une opération physique qui permet la déshydratation des boues par évaporation de l'eau. Ce traitement permet l'obtention de boues séchées à 90-95% de siccité [37] utilisées comme fertilisant organique sous forme de granulés pouvant être conditionnés en sac ou incinérées [38,39].

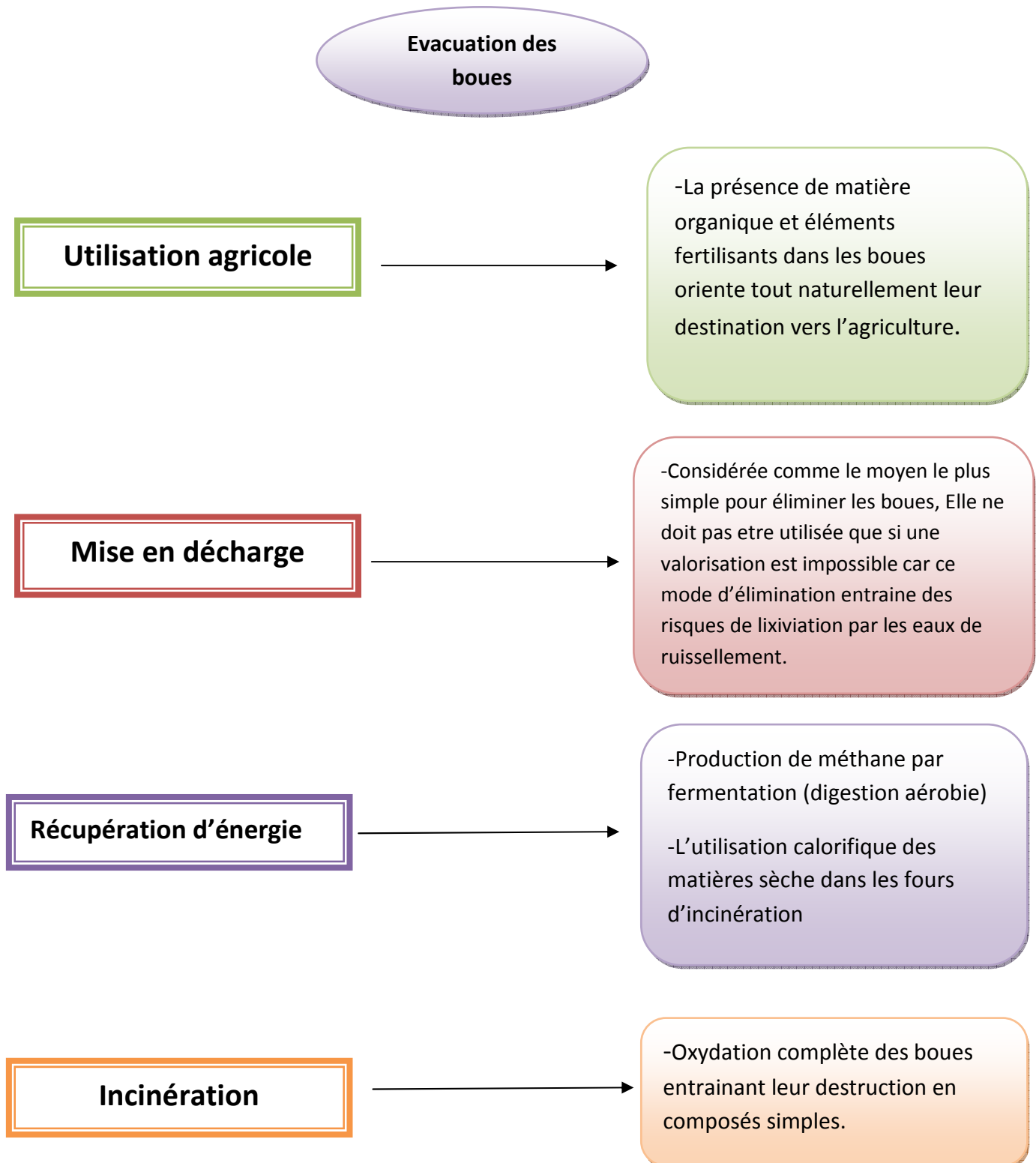
La figure I.II résume le principe général d'une filière boue, avec toutes les étapes possibles.



**Figure I.2:** Les différentes étapes du traitement des boues

## I.5. Destination finales des boues

L'évacuation des boues d'épuration apparait comme la phase la plus délicate de l'épuration, des eaux usées [40]. Il s'agit de débarrasser de ces résidus par des procédés provoquant le minimum de nuisance tout en limitant les frais de l'opération (Figure I.3) **Figure I.3:** Evacuation des boues d'épuration



## **I.6. Intérêt agronomique des boues**

En général les boues d'épuration sont utilisées en agriculture comme engrais c'est-à-dire comme produit capable de fournir aux cultures des éléments nutritifs nécessaires à leur croissance et à leur développement ; en outre certaines boues d'épurations compostées ou traitées à la chaux peuvent jouer un rôle d'amendements ce qui signifie qu'elles permettent d'entretenir ou d'améliorer la structure du sol, son activité biologique ou, encore de contrôler son acidité [41].

### **I.6.1. Potentiel d'hydrogène (pH)**

Pour améliorer les propriétés chimiques des sols. L'agriculteur intervient en apportant des amendements pour neutraliser l'acidité, et assurer l'exercice du pouvoir absorbant vis-à-vis des engrais qu'il incorpore au sol (fumures organiques, composte, boues d'épuration...etc) [42].

### **I.6.2. Matière organiques**

La matière organique est un élément important de la fertilité des sols, cette question de matière organique est fondamentale pour toute production végétale [43].

Le sol est fertilisé par amendement organique ou minéral , les boues résiduelles sont chargées en matière organique dans des proportions dépendant du type de traitement employé, par exemple une boue ayant subi la nitrification dénitrification au cours d'une aération prolongée sera moins chargée en azote et contiendra peu de matière organique, par contre ,une boues provenant d'un filtre bactérien sera dans une situation inverse tandis qu'une boue peu ou pas stabilisée sera très riche en matière organique [44].

### **I.6.3. Le rapport C/N**

L'importance du rapport C/N en agriculture c'est qu'il renseigne sur la richesse en N et sur l'activité biologique du milieu, plus C/N est faible, plus la biodégradation des boues est facile. L'azote en excès se minéralise sous forme ammoniacale et nitrique (boues à C/N<10 : véritable engrais organique)

### **I.6.4. Nitrates et nitrites**

Les nitrates sont des substances chimiques naturelles qui sont beaucoup utilisées dans les engrais inorganique et comme des agents de conservation des aliments. Les nitrates sont la forme la plus stable des deux formes de l'azote, mais sous l'action microbienne, ils peuvent être réduits en nitrites, qui sont la forme la plus toxique [45].

### **I.6.5. Les phosphate**

Les composés du phosphore des eaux résiduaires sont le phosphate sous forme organique, les ortho-phosphate, dont l'origine principale est constituée par les lessives [46].

Les phosphates se combinent à l'humus pour donner des humo-phosphates insolubles qui, par leurs décompositions, libèrent le phosphate absorbé par les plantes.

### **I.6.6. Potasse**

Elle a le rôle le plus important après la chaux, elle constitue un aliment indispensable aux plantes.

La productivité d'un sol dépend notamment de la nature et de la proportion d'élément fertilisants qu'il renferme, ces substances sont :

-A l'état insoluble et, dans ce cas, pour être assimilées, elles doivent être dissoute directement par les racines des plantes.

-Soit en solution (soluble), qui circulent librement ou bien sont retenues par les particules terreuses

On considère qu'une bonne terre doit renferme 1 pour 1.000 d'acide phosphorique, 1 pour 1.000 d'azote, 2 pour 1.000 de potasse et 20 pour 1.000 de chaux.

Mais cette notation n'est pas rigoureuse, car ce qui est important, ce n'est pas la quantité totale d'un élément dans le sol, mais sa partie soluble et assimilable.

### **I.6.7. Les éléments traces métalliques et les oligo-éléments**

Les métaux lourds tels que le plomb, le cadmium, et le mercure sont des micropolluants qui présentent un intérêt particulier, car ils ont une incidence sur la santé et l'environnement à cause de leur rémanence, de leur forte toxicité et de leur accumulation biologique [47].

Les éléments qui se trouvent dans la plus part des sols et sont absorbés qu'en quantité infime, sont appelés oligo-éléments, ce sont notamment, le fer, le manganèse, le bore, le zinc, le cuivre, l'argent et le cobalt [48].



## **II.1. Introduction :**

Actuellement, plus d'un milliard de personnes sont infectées par des œufs d'helminthes transmis par l'eau ou le sol [49]. Généralement, ces infections, les helminthiases, persistent partout où les conditions de logement sont mauvaises et où l'accès à une eau de boisson sans risque sanitaire et aux moyens d'assainissement est difficile. Par ailleurs, la réutilisation en agriculture des eaux usées et les boues (en provenance des stations d'épuration) constituent des apports séduisants pour l'agriculture dans de nombreuses régions du monde.

Une réutilisation contrôlée et un traitement efficace des eaux usées et des boues s'avèrent donc nécessaires pour réduire la contamination des cultures.

De nombreuses études ont mis en évidence l'efficacité des systèmes de traitement des eaux usées vis-à-vis des œufs d'helminthes et particulièrement celle du traitement par lagunage [50]. Ce type de traitement à faible coût de construction et de maintenance est recommandé pour les pays en développement, là où le fort ensoleillement est favorable et le coût et la disponibilité du terrain ne sont pas une contrainte. Selon certains auteurs [51], cette technique permet une bonne élimination des bactéries (jusqu'à six puissance de dix), des virus (jusqu'à cinq puissances de dix). En ce qui concerne l'abattement des œufs d'helminthes, d'autres auteurs [52] ont mesuré un rendement d'élimination de 100 % dans un bassin de lagunage au Maroc pour une concentration initiale de l'ordre de trois œufs par litre et un temps de séjour de 0,4 jour. Un rendement d'élimination d'œufs d'helminthes de l'ordre de 90 % a été également calculé sur un bassin de lagunage dont le temps de séjour théorique est de trois jours et une concentration initiale à l'entrée égale à dix œufs par litre [53]. Il est généralement admis que l'élimination des œufs d'helminthes dans les systèmes de lagunage se fait par décantation.

## **II.2. Helminthiase**

Ascariase, trichocéphalose et ankylostomiase désignées par le terme géohelminthiases sont des maladies qui touchent plus de deux milliards de personnes dans le monde, dont un milliard sont infectées par *Ascaris* [54]. L'impact sanitaire est considérable, principalement dans les pays en développement à cause du manque d'eau potable, d'assainissement et d'hygiène. Pour faire face à ce fléau, des quantités d'eau plus importantes et une réduction du risque de contamination des eaux et des aliments consommés sont deux des éléments



prépondérants d'une meilleure prévention du péril fécal, principal responsable de ces maladies. Ces problèmes sont, en effet, exacerbés en milieu urbain, du fait d'un cumul de facteurs aggravants : forte densité d'habitat insalubre, manque d'assainissement, pollution des sources d'eau non protégées. Les enjeux internationaux tiennent essentiellement aux moyens disponibles pour lutter contre ce fléau : à la disponibilité de la ressource en eau et à la présence des équipements de traitement des eaux, il faut ajouter l'utilisation de médicaments antihelminthiques.

### II.2.1. Infestation et symptômes

L'infection se produit à la suite de l'ingestion d'œufs à partir du sol ou d'eau contaminée (*Ascaris lumbricoides* et *Trichuris*) ou par pénétration active des larves à travers la peau (*Ankylostomes*). Les symptômes des infections ne sont pas spécifiques et ne deviennent manifestes que lorsque l'infection est particulièrement sévère. Parmi ces symptômes figurent notamment des nausées, de la fatigue, des douleurs abdominales et une perte d'appétit. Ces infections aggravent la malnutrition et renforcent les taux de prévalence de l'anémie. Elles entravent le développement physique et cognitif des enfants.

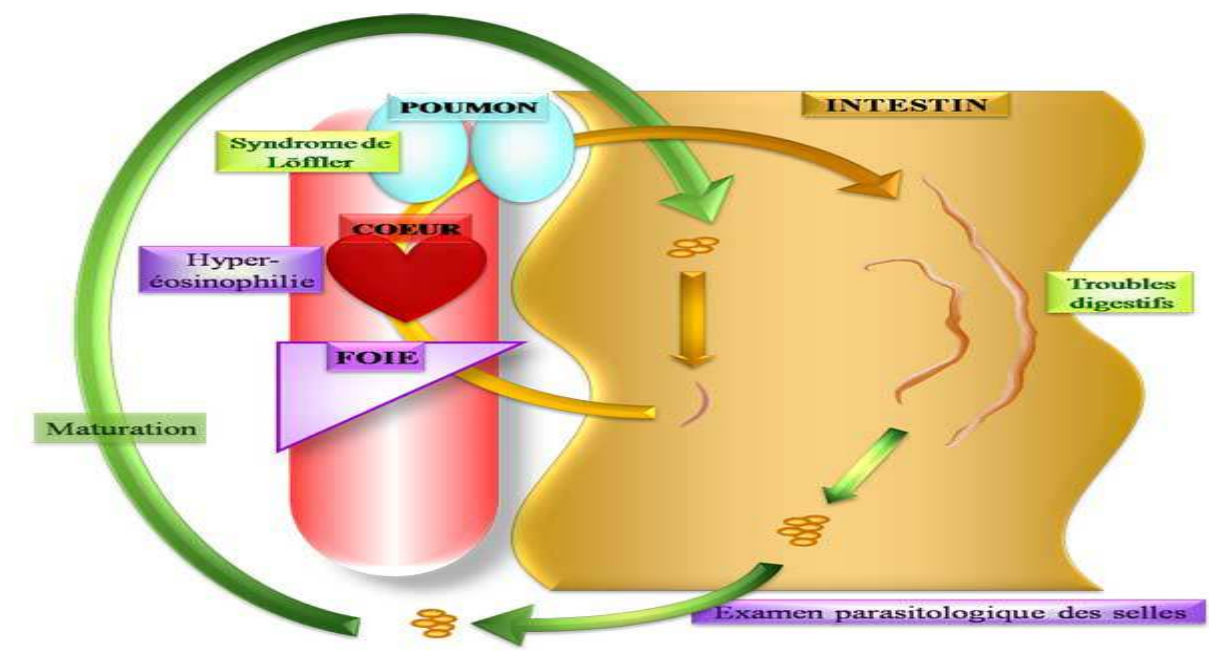
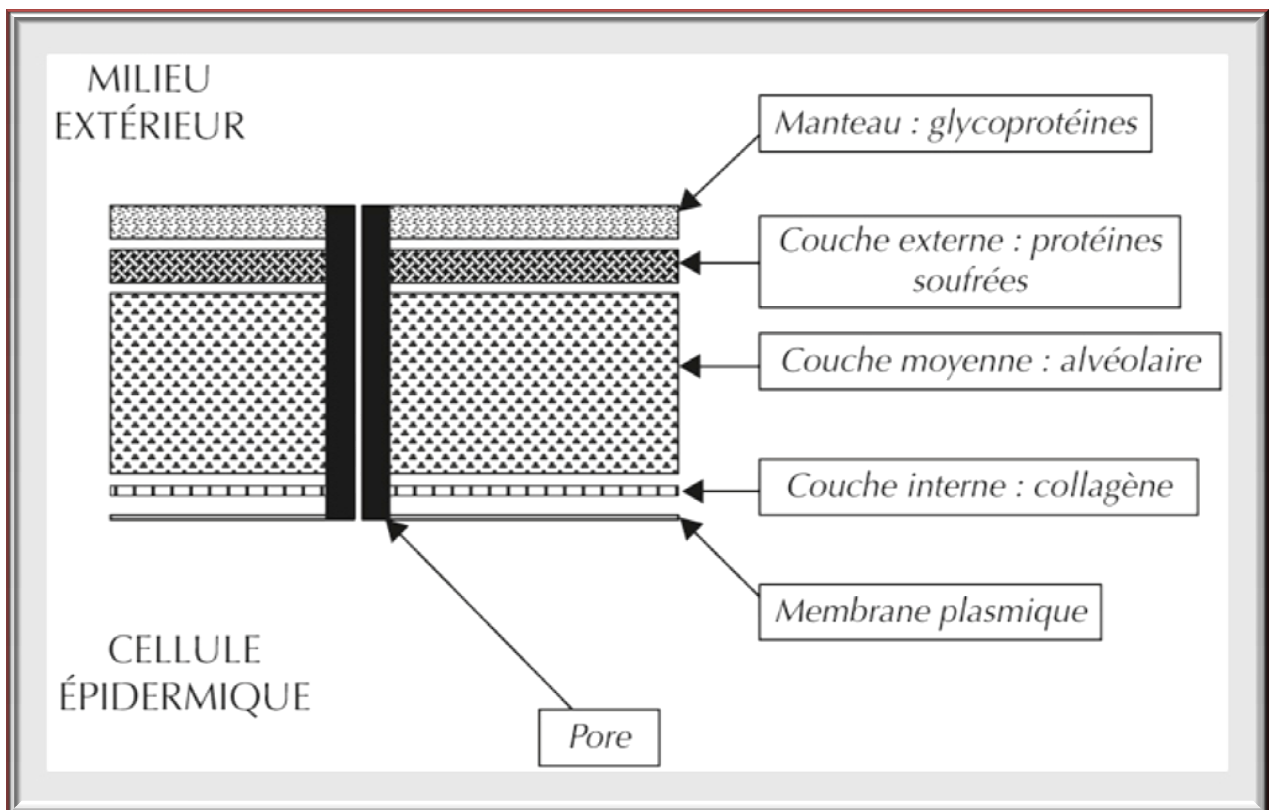


Figure II.1 : Cycle évolutive de *l'Ascaris lumbricoides*[56].

### II.3. Résistance des œufs d'helminthes

Les œufs d'helminthes sont considérés comme étant les agents biologiques les plus résistants aux agressions de l'environnement extra-intestinal. Cette résistance est due à la présence d'une cuticule composée de plusieurs couches (trois à quatre selon le genre) comme le montre la figure 1. Cette cuticule empêche le passage de certaines substances (acides et bases forts, oxydants, agents réducteurs et détergents) [57]. La perméabilité de l'œuf est limitée au passage de l'eau, de certains solvants et de certains gaz.



**Figure II.2** : Structure de la cuticule de l'œuf d'helminthe [57].

## II.4. Caractéristiques générales des œufs d'helminthes

### II.4.1. Classification

Il existe deux groupes d'œufs d'helminthes généralement présents dans les eaux usées et les boues : les plathelminthes et les némathelminthes. Les espèces de plathelminthes regroupent les cestodes et les trématodes, et sont représentés par *Diphyllobothrium* spp. *Hymenolepis* (*nana* et *diminuta*), *Taenia* (*saginata* et *solium*), *Clonorchis sinensis*, *Fasciola* (*hepatica* et *busci*), *Schistosoma*. Le groupe des némathelminthes est surtout représenté par les nématodes. Ces derniers sont regroupés en deux catégories : les nématodes ovipares qui parasitent l'intestin, appelés aussi nématodes intestinaux et les nématodes vivipares qui parasitent les tissus. Dans le cas des nématodes intestinaux, l'infestation peut se faire par voie orale suite à l'ingestion d'œufs tels qu'*A. lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Enterobius vermicularis*, ou par voie transcutanée sous forme de larve (*Ancylostoma duodenale*, *Necator americanus*, *Strongyloides stercoralis*). Bien entendu, *Ascaris* reste le plus commun dans le domaine de l'assainissement [58].

Selon l'espèce, ces œufs d'helminthes sont différents par la forme, la taille et la densité. Les diamètres des œufs d'helminthes les plus importants dans le domaine sanitaire mesurent fréquemment entre 20 et 80  $\mu\text{m}$ , sauf *Schistosoma* dont le diamètre mesure plus de 185  $\mu\text{m}$ . La densité des œufs d'helminthes est plus grande que celle de l'eau (1,056 à 1,237), ce qui favorise leur décantation.

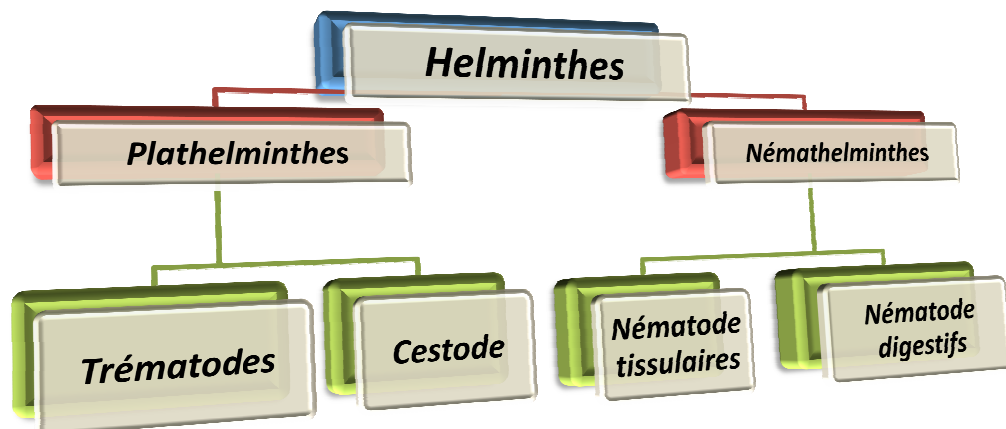


Figure II.3 : Taxonomie parasitaire [58].

## **II.5.Valeurs seuils**

Les œufs d'helminthes ne sont pas pris en compte dans toutes les normes relatives à l'eau usée et la boue, contrairement à la charge organique et aux coliformes fécaux considérés comme paramètres de pollution universels des eaux rejetées dans le milieu récepteur.

Pour un niveau de contamination donné, le risque sanitaire dépend de l'emploi qui est fait de l'eau. Ses différents usages n'exposent évidemment pas aux mêmes risques sanitaires.

De ce fait, des normes différentes ont été établies pour chacun de ces usages.

En se basant sur des études épidémiologiques, certains auteurs [60] ont montré que la directive de l'OMS (1989) (concentration inférieure ou égale à un œuf d'helminthe par litre) ne convient pas dans des conditions favorables à la survie des œufs de nématodes (températures moyennes de 15 8C et irrigation de surface) et qu'il faut alors la remplacer par une concentration inférieure ou égale à 0,1 œuf par litre. Cette valeur limite plus stricte devrait être aussi utilisée dans le cas d'une irrigation de cultures de légumes. Toutefois, en ce qui concerne l'irrigation avec restriction de culture ou irrigation restreinte, la limite pour les œufs de nématodes (concentration inférieure ou égale à un œuf d'helminthe par litre) convient si aucun enfant n'est exposé, mais une limite révisée inférieure ou égale à 0,1 œuf par litre est recommandée si des enfants sont en contact avec les eaux résiduaires à l'occasion de travaux d'irrigation ou dans le cadre de leurs jeux.

Depuis 1989, les recommandations de l'OMS ont été révisées en 2006 [61] sur la base des études épidémiologiques menées dans divers pays à propos des risques sanitaires associés à la réutilisation des eaux usées traitées pour les consommateurs, les agriculteurs, leurs familles et leur voisinage.

Selon un rapport de l'Agence française de développement publié en 2011 [62], il n'existe pas encore à ce jour de données suffisantes sur les risques infectieux résultant d'une exposition aux eaux usées traitées et aux espèces d'helminthes, telles que l'*Ascaris*, qu'elles sont susceptibles de contenir.

Quant à l'utilisation des boues en agriculture, l'OMS [63] a établi le critère « moins d'un œuf de nématode par gramme de matière sèche ».

### **II.5.1. Concentration des œufs d'helminthes**

Les concentrations des œufs d'helminthes dans les boues et les eaux usées sont variables d'un pays à un autre et ne sont élevées que dans certaines régions. Ces concentrations élevées sont observées dans les régions où l'helminthiase est problématique.

En outre, dans les pays industrialisés, la contamination en œufs d'helminthes n'est qu'accidentelle. Ces défaillances sont dues à une rupture de conduites dans le réseau de distribution et d'eaux résiduaires, permettant la pénétration des eaux usées souillées dans les conduites d'eau potable. Il existe un risque helminthique supplémentaire lors d'événements pluvieux importants. Les eaux usées brutes sont rejetées directement dans une rivière lorsque le débit en entrée de station d'épuration est supérieur à la capacité de traitement [59].

### **II.6. Les œufs d'helminthes dans les boues d'épuration**

#### **Etude bibliographique**

Plusieurs travaux ont eu pour objectifs de mettre au point des techniques d'isolement, de dénombrement, voir d'étude de la viabilité des pathogènes dans les boues ainsi que les eaux usées :

**SATCHWELL et all (1983)** a développé une technique pour l'examen des boues d'épuration pour les œufs d'helminthes parasites en réponse à un besoin d'information sur les niveaux d'œufs parasites dans les eaux usées et les boues

[64]. Les œufs de *Taenia saginata* tués par la chaleur et l'éosine ont été utilisés tout au long de développement de cette technique pour déterminer l'efficacité de la procédure d'isolement.

Un large éventail de types de boues a été testé et les niveaux d'œufs sont demeurés faibles.

On s'attendrait à cette méthode lorsqu'il elle est utilisé de façon routinière pour détecter facilement une augmentation du nombre d'œufs dans une boue particulière.

**Gaspard et all (1994)** Ont développé une méthode d'extraction-concentration pour les œufs de nématodes dans les zones urbaines qui a permis d'étudier la viabilité de ces œufs en les cultivant dans l'eau déminéralisée à 30 ° C pendant 30 jours [65]. Le critère retenu pour la viabilité était le développement des œufs à l'étape de la larve.

Les résultats des échantillons de boues d'origines diverses (physique, biologique et les traitements chimiques) :93% des œufs avérée viable en décantation de boues primaire. Les œufs qui peuvent se développer ont été détectés dans les échantillons provenant des traitements biologiques, avec, cependant, une basse fréquence pour le système de lagunage et compostage avec, respectivement, 26 et 25% des œufs viables.

La digestion anaérobie a donné des résultats intermédiaires avec 66%, tandis qu'une aération prolongée a conduit à un nombre d'effet limitée, 93% des œufs sont considérés comme viables.

Le traitement chimique de 15 jours avec de la chaux ne produisait l'élimination complète d'œufs viables: l'analyse a montré 66% des œufs en développement au stade larvaire. Cette étude confirme donc que les œufs de nématodes sont fortement résistant à la plupart des traitements de déchets classiques.

**Philippe et all (2002)** Ont évalué la distribution des œufs d'helminthes dans les boues pour déterminer comment échantillonner et à quelle fréquence [66]. Deux usines ont été étudiées, d'une part, ils ont étudié les boues qui ont été soumis à un traitement biologique (Digestion anaérobie, aération prolongée), d'autre part, ils ont évalué l'étape de déshydratation (Centrifugation et filtre-pressé).

Ils ont mesuré les concentrations d'œufs d'helminthes plus court périodes (entre 5 minutes et 7 heures) et pour des périodes de plus de 24 heures (7 à 28jours). Les résultats ont montré qu'il y avait beaucoup homogénéité dans les périodes de moins de 7 heures, donc il était conseillé de prendre des échantillons choisis.

Un poids appropriée de l'échantillon était de 30 g de matière sèche, parce que cela a permis une analyse en trois exemplaires pour tester les procédés de traitement selon la norme de la France, (moins de 3 viable œufs/10 g de matière sèche).

La détermination de la concentration des œufs dans les usines pendant des périodes de plus de 24 heures a montré que le flux de parasite était stable. Dans certains cas, de grandes variations étaient dues aux procédés de traitement (stockage ou épaissement, le mélange

des différentes boues). Ces résultats ont été confirmés par l'étude de 6 autres installations pendant une période d'un an. Ainsi, la fréquence d'échantillonnage recommandée peut être limitée à toutes les 3 à 6 mois, par adaptation des méthodes d'échantillonnage pour les caractéristiques de l'usine.

**Capizzi et all (2004)** Ont utilisé la chaux vive comme un traitement pour désinfecter les boues d'épuration, de deux façons: augmentation du pH et de l'élévation de la température [67]. Parmi les agents pathogènes de la pertinence épidémiologique, *Ascaris* les œufs sont les plus résistantes au chaulage, et, par conséquent, peuvent servir d'indicateurs de la qualité hygiénique des biosolides.

Cette recherche a pour objet de définir, entre 50 °C et 60 °C, le temps nécessaire dans le cas des boues chaulées pour obtenir un produit avec un niveau négligeable d'œufs d'*Ascaris* viables. Pour atteindre cet objectif, les enquêtes sur la cinétique d'inactivation des œufs d'*Ascaris* ont été menées dans les produits suivants: lait contaminé de chaux; boues contaminées naturellement traitée avec chaux éteinte et de la chaleur; boues contaminées naturellement traitée avec de la chaux vive et des boues traitées à pleine échelle rapide avec de la chaux. Pour la cinétique d'inactivation où un niveau négligeable des œufs d'*Ascaris* a été atteint, le seuil d'inactivation est déterminé.

En fonction de la situation expérimentale, la période de seuil d'inactivation a été trouvé à fluctuer entre 5 et 75 min à 55° C et entre 1 et 8 min à 60° C.

**Brian et all (2007)** L'objectif de leurs travaux est de mieux comprendre les sources de variabilité d'inactivation des œufs d'*Ascaris* pendant la stabilisation des boues alcalines en quantifiant les effets de la température, le pH et la concentration d'ammoniac sur l'inactivation de ces œufs dans les boues d'épuration [68]. Les boues primaires était supplémenté avec de l'ammoniac (0, 1000 et 5000 mg / l de N-NH<sub>3</sub>) et Ca (OH)<sub>2</sub> et on été incubé à bouteilles scellées sur toute la gamme de températures (20, 30, 40, 50 °C) et le pH (7 et 12) qui peuvent être rencontrées pendant le traitement.

La température, le pH et l'ammoniac ont tous contribué à inactivation des œufs d'*Ascaris*, il est essentiel que ces paramètres sont mesurés et comptabilisées lors de l'évaluation de l'efficacité de la stabilisation alcaline.

**Doulaye et all (2007)** Cette étude examine les œufs d'helminthes l'enlèvement et l'efficacité d'inactivation d'un processus de traitement de combinaison de déshydratation des boues de vidange (BV) et co-compostage ultérieures avec déchets solides organiques [69]. La boue fraîche de toilettes publiques et boues mélangées à un rapport de 1 /2 ont été déshydratée sur un lit de séchage.

Les biosolides avec des charges initiales de 25-83 helminthes œufs / g de solides totaux (TS) ont été mélangés avec des déchets solides comme matériau de gonflement de co-compostage dans un rapport en volume de 1/2. Deux séries répétées de tas de compost ont été montés en parallèle et tourné à des fréquences différentes au cours de la période de compostage actif: une fois tous les 3 jours et une fois tous les 10 jours. La fréquence n'a pas d'effet sur l'efficacité d'élimination d'œufs d'helminthes. Dans les deux configurations, les œufs d'helminthes ont été réduits à 01 œuf viable / g TS.

**Layla Ben Ayed et all (2007)** Une étude Parasitologique a été réalisée sur des échantillons d'eaux usées et de boues résiduelles collectés à partir de sept stations d'épuration situées en Tunisie entre les mois de septembre et de décembre 2005[70]. Parmi les 28 échantillons étudiés, 100 % sont retrouvés positifs avec une prédominance constante des kystes de protozoaires sur les œufs d'helminthes. Les résultats obtenus ont permis d'évaluer la technique de détection adoptée (technique de Bailenger) et l'efficacité relative du procédé de traitement (boues activées et lagunage). Tous les échantillons d'eaux usées brutes contiennent des kystes d'Entamoeba coli, d'Entamoeba histolytica/dispar et des kystes de Giardia sp. Au cours du traitement, la totalité des œufs et la majorité des kystes sont éliminées. Dans les échantillons d'eaux usées traitées, les rendements épuratoires sont donc de 100 % pour les œufs d'helminthes et compris entre 82 et 100 % pour les kystes de protozoaires suivant la filière de traitement et le mois d'échantillonnage.

**SYLLA I. et all (2008)** L'étude a porté sur la caractérisation Parasitologique des eaux usées brutes drainées par les deux principaux collecteurs de la ville de Sidi Yahia du Gharb Maroc [71]. La concentration moyenne en œufs de Nématodes au niveau du collecteur (A) est de 15.45 œufs/l, contre 32.42 œufs/l au niveau du collecteur (B). Les concentrations moyennes en œufs de Cestodes sont respectivement de 6.66 œufs/l et 3.63 œufs/au niveau des collecteurs (A) et (B).



La concentration moyenne des Protozoaires au niveau du collecteur (A) est 10.30 kystes/l contre 5.45 kystes/l au niveau du collecteur (B). Les nématodes sont représentés principalement par les oeufs d'*Ascaris* sp, *Trichuris* sp, *Nematodirus* sp, *Enterobius vermicularis*, et *Ankylostoma* sp. Pour les cestodes, les espèces identifiées sont *Taenia saginata* et *Hymenolepis diminuta* et *Hymenolepis nana*. Les Protozoaires sont représentés par *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica* et *Giardia lamblia*.

Vu leur concentration élevée (dépassant les normes de l'OMS) ces parasites présentent un danger potentiel pour les usages directs et indirects des eaux usées de Sidi Yahia du Gharb.

**Sungmin et all (2009)** La présente étude sur l'effet du rayonnement de micro-onde pour l'inactivation des œufs *Ascaris lumbricoides* dans 25 g de sol par rapport à l'irradiation ultraviolette et de l'ozone exposé [72]. Le rayonnement de micro-ondes à 700W avec 14% teneur en eau (w / w) atteint environ 2,5 inactivation du journal d'œufs dans le sol dans les 60 s. L'inactivation des œufs par trois techniques de désinfection a été réalisée dans de l'eau afin de comparer l'efficacité d'inactivation des œufs dans le sol. L'efficacité d'inactivation des micro-ondes s'est avéré une différence non significative entre dans le sol et l'eau. Cependant, l'efficacité d'inactivation de l'irradiation UV a été significativement augmentée dans l'eau et en ozone exposer n'y avait pas de différence significative entre dans le sol et l'eau.

Traitement micro-ondes s'est donc avérée être la méthode la plus efficace dans contrôle des œufs *Ascaris. lumbricoides* dans le sol.

**Gupta et all (2009)** Ont évalué le niveau de contamination avec les helminthes intestinaux, 172 échantillons de légumes, 35 échantillons de sol et un total de 46 échantillons d'eaux usées (22 non traités et 24 traités) ont été collectées depuis la zone de Titagarh irriguée par des eaux usées [73]. 83,3% des eaux usées brutes, 68,2% des eaux usées traitées, 68,6% des sols et 44,2% de légumes dans la zone d'étude se sont avérés positifs pour les œufs d'helminthes. Les légumes cultivés dans cette région étaient trouvé positif pour *Ascaris lumbricoides* (36%), *Trichuris trichiura* (1,7%) et l'ankylostome (6,4%). *A. lumbricoides* a été l'espèce la plus prédominantes observées dans tous les échantillons. De tous les légumes examinés, *Pudina* était le plus souvent contaminé suivie laitue, les épinards, la coriandre, céleri et le persil. Un pourcentage élevé des œufs d'échantillons de légumes positifs viable au stade helminthes intestinaux cultivé dans les eaux usées, la zone d'étude irriguée peut poser des risques pour la santé publique.

**Mita et all (2011)** Les œufs d'helminthes parasites dans l'eau de mauvaise qualité représentent des risques pour la santé lorsqu'elle est utilisée pour l'irrigation des cultures [74].

Les vitesses de sédimentation des œufs d'helminthes (*Ascaris suum*, *Trichuris suis*, et *Oesophagostomum* spp.) et les particules des eaux usées ont été déterminées expérimentalement dans l'eau du robinet et dans les eaux usées utilisant des tubes Owen. Les vitesses de sédimentation des œufs dans l'eau du robinet ont été comparées avec des vitesses de décantation théoriques calculées par la loi de Stoke's utilisant des mesures de la taille et la densité des œufs, ainsi que la densité et la viscosité de l'eau du robinet. Le résultat qu'il y a une nécessité de différencier la sédimentation de différents types d'œufs d'helminthes lors de l'évaluation de la qualité de l'eau de mauvaise qualité, par exemple pour l'utilisation d'irrigation. Les résultats peuvent également être utilisés pour améliorer les modèles existants pour l'enlèvement d'œufs d'helminthes.

**Maya et all (2012)** L'objectif de cette recherche était d'étudier l'inactivation de six espèces d'œufs d'helminthes larvaires et non-larvaires d'une importance médicale dans les pays en développement dans des conditions contrôlées de température, pH, la sécheresse et le temps de contact [75]. Les résultats ont montré des différences considérables dans les conditions d'inactivation parmi les œufs d'helminthes et un haut niveau de résistance a été confirmé pour les œufs de *Ascaris lumbricoides* et *Ascaris suum*. Les conditions appropriées pour l'inactivation de tous types d'œufs ont été trouvées en appliquant des combinaisons de pH, de la température et de la sécheresse. À 45°C, il a été possible d'inactiver toutes les espèces avec un pH de 5,3 et 90% de siccité dans les 6 jours. Si l'alcalinisation a été appliquée, un pH de 12,7 suffisait plus de 19 jours à la même des conditions de sécheresse et la température.

De ces résultats, il est proposé que les *Ascaris* spp et *Taenia solium* peut être utilisée comme indicateurs de la contamination biologique des eaux usées et des boues.

**Fella Hamaidi et all (2012)** Ce travail est la première étude qui a porté sur l'analyse qualitative et quantitative de la charge parasitaire des eaux usées brutes d'un émissaire drainant les rejets du quartier de la commune d'Oueld Yaich Blida, Algérie [76]. Les échantillons d'eaux usées prélevées à la sortie de l'effluent urbain sont analysés par la méthode de Bailenger.

Les résultats obtenus ont mis en évidence des kystes de protozoaires représentés par des flagellés, des amibes et des œufs d'Helminthes (nématodes, cestodes et trématodes).



















### III.1. Localisation géographique de la STEP de BENI MESSOUS

La station se situe à l'embouchure de l'oued Béni-Messous à Houch Errouz plus exactement. Cette région se trouve à l'Ouest d'El Djamila, localisée à son tour à environ 30 km à l'Ouest d'Alger. L'usine de traitement des eaux usées occupe 15 ha.

La figure 27 donne une vue générale sur la zone étudiée.



**Figure III.1:** Localisation géographique de la zone d'étude.

### III.2. Principe de fonctionnement de la station de BENI MESSOUS

La station d'épuration est prévue pour traiter les eaux usées du bassin versant Ouest de l'agglomération du Grand Alger et situant dans la ville de BENI MESSOUS pour un débit journalier moyen de 35 770 m<sup>3</sup>/j.

La station d'épuration est constituée d'une chaîne d'opérations unitaires de type mécanique, physique et biologique donnant naissance à un procédé traitement dit à « boue activée ».

La chaîne de traitement est composée de deux lignes : une ligne d'eau et une ligne de boue.

### **III.3. Prélèvement des échantillons de boue**

Nous avons opté pour trois de prélèvement : boue épaissie (BE), boues stabilisée (BS), et boues déshydratée (BD).

#### **III.3.1. Prélèvement de boue épaissie**

Il se fait à partir d'un épaisseur gravitaire, l'échantillon est prélevé a la sortie de l'épaisseur qui sépare la boue de l'eau libre, dans des flacons fermés hermétiquement, A l'arrivée au laboratoire, les échantillons sont immédiatement analysés ou conservés.

#### **III.3.2. Prélèvement de la boue stabilisée**

A la sortie du digesteur, l'échantillon est directement prélevé, dans des flacons bien propre et stérile, et transporté directement au laboratoire, les échantillons sont immédiatement analysés.

#### **III.3.3. Prélèvement de la boue déshydratée**

Il se fait à la sortie de la filière de traitement de boue (déshydratation), au niveau des filtres à bande pour la station et a partir des bennes récupératrices De la station de beni Messous, ainsi que la station de Baraki. La boue déshydratée, est prélevée, dans des boites bien fermées et propre. A l'arrivée de laboratoire, les prélèvements sont immédiatement analysés.

#### **III.3.4. La conservation des échantillons**

Pour éviter l'évolution de la boue entre le prélèvement et analyse, il est conseillé de maintenir les échantillons à une température voisine de 4°C et l'obscurité et de les transmettre au laboratoire dans un délai de 24 heures après prélèvement.

### **III.4. Technique d'analyse Parasitologique**

#### **III.4.1. La technique de Bailenger**

La méthode de Bailenger modifiée est en général efficace pour l'analyse parasitologique, elle est simple et peu coûteuse, elle assure une récupération efficace des œufs d'helminthes, elle est reproductible et elle est déjà largement utilisée dans tous les laboratoires de parasitologie.

### III.4.2. Mode opératoire

- Laisser décanter les échantillons de boue pendant 24 heures. Il est recommandé d'utiliser un récipient cylindrique ouvert à son sommet, car cela facilite l'élimination du surnageant et permet un rinçage soigneux.
- Eliminer 90% du surnageant avec une pompe aspirante ou une pompe à main (siphon).
- Transvaser soigneusement le sédiment dans un ou plusieurs tubes à centrifuger, selon le volume, et centrifuger à 1000 tours pendant 15 min. Ne pas oublier de rincer soigneusement le récipient avec une solution détergente, et ajouter le produit de rinçage au sédiment précédemment recueilli (Fig. 3.8).
- Eliminer le surnageant. Si l'on a utilisé à l'étape précédente plusieurs tubes à centrifuger, réunir tous les culots dans un seul tube (ne pas oublier de rincer soigneusement avec une solution détergente pour être sûr que le sédiment soit recueilli en totalité) et recentrifuger à 1000 tours pendant 15 min.
- Mettre le culot de centrifugation en suspension dans son volume de tampon acétoacétique à pH 4,5 (autrement dit, si le volume du culot est de 2 ml, ajouter 2 ml de tampon). Toutefois, si le culot a un volume inférieur à 2 ml, compléter à 4 ml avec le tampon afin qu'après extraction par l'acétate d'éthyle il reste une quantité suffisante de tampon au-dessus du culot pour qu'on puisse éliminer la couche d'acétate d'éthyle en inclinant le tube sans risquer de remettre le culot en suspension.
- Ajouter deux volumes d'acétate d'éthyle ou d'éther (soit 4 ml dans l'exemple ci dessus) et mélanger soigneusement la solution au moyen d'un agitateur vibrant type Vortex. On peut aussi agiter, ce qui est parfaitement admissible à défaut d'un agitateur mécanique.
- Centrifuger à 1000 tours pendant 15 min. L'échantillon comporte alors trois phases distinctes. Tous les débris lourds de nature non grasseuse, notamment les œufs et larves d'helminthes et les protozoaires, sont rassemblés dans la couche inférieure. Au dessus se trouve le tampon, qui doit être clair. Les matières grasses et autres ont migré dans l'acétate d'éthyle ou l'éther et forment un bouchon épais de couleur foncée au sommet de l'échantillon.
- Noter le volume du culot de centrifugation contenant les œufs, puis éliminer le reste du surnageant en une seule fois en inclinant le tube avec précaution. Il faut parfois commencer par détacher le bouchon grasseux de la paroi du tube à centrifuger avec une aiguille fine.
- Remettre le culot en suspension dans 5 fois son volume de solution de sulfate de zinc (par exemple, pour un culot de 1 ml, ajouter 5 ml de ZnSO<sub>4</sub>). Noter le volume du produit final (X ml). Mélanger soigneusement, de préférence à l'aide d'un agitateur vibrant, type Vortex.

- Prélever rapidement une fraction avec une pipette Pasteur et la déposer sur une lame recouvrir avec une lamelle en vue de l'examen final.
- Placer la lame sur la platine d'un microscope et l'examiner au grossissement 10x ou 40x et Compter tous les œufs visible. Pour plus de précision, répéter la numération dans deux lames, ou de préférence trois, et noter le nombre moyen trouvé.
- Calculer le nombre d'œufs par 100g de boue à l'aide de la formule ci-dessous:

$$N = AX/PV$$

Où:

$N$  = nombre d'œufs par 100 g d'échantillon

$A$  = nombre d'œufs comptés sur la lame ou moyenne des nombres trouvés dans deux ou trois lames.

$X$  = volume du produit final (ml).

$P$  = Contenance de la lame 3 lames (0,15 ml).

$V$  = volume de l'échantillon initial (100 g).

### IV.1. Caractéristiques des boues des deux stations étudiées

Les analyses parasitologiques ont été effectuées sur la boue épaissie, la boue stabilisée ainsi que sur la boue déshydratée pour la STEP de Beni Messous, et sur la boue déshydratée pour la STEP de Baraki.

Les prélèvements de la boue épaissie, se font à la sortie de l'épaississeur ainsi qu'à la sortie du digesteur pour la boue stabilisée, tandis que le prélèvement de la boue déshydratée se fait à la fin de la filière de traitement au niveau des filtres à bandes.

### IV.2. Résultats d'analyse des deux stations

Quatorze échantillons (4 échantillons de boue épaissie, 4 échantillons de boue stabilisée, 6 échantillons de boue déshydratée) ont été collectés à partir des deux stations d'épuration Beni Messous et Baraki.

L'examen microscopique des échantillons d'eaux a permis de mettre en évidence des parasites appartenant aux groupes suivants : les protozoaires, les nématodes, et les cestodes.

L'analyse qualitative a permis de recenser des protozoaires et deux groupes d'helminthes dans les échantillons d'eaux : les Nématodes, et les Cestodes, avec une prédominance des kystes de protozoaires par rapport aux œufs d'helminthes.

Le tableau récapitule l'ensemble des résultats obtenus.

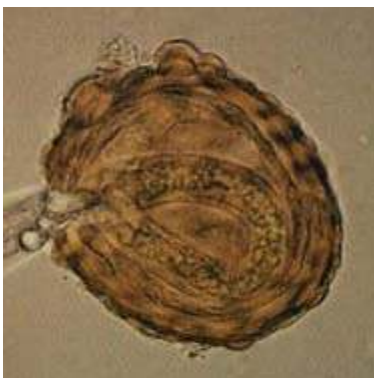


Figure IV.1 : Œufs d'*Ascaris* [77]



Figure IV.2 : Œufs de *Trichuris* [78]

Station	Date d'échantillonnage	Type d'échantillons	Kyste de protozoaires	Œufs d'helminthes
Benni Messous	Mai	Boue épaisse	<i>Giardia sp.</i>	<i>Ascaris sp.</i>
		Boue stabilisée	<i>Entamoeba.coli</i>	<i>Teania.sp</i>
		Boues déshydratée	<i>Entamoeba.coli</i>	<i>Ascaris sp.</i>
	Juin	Boue épaisse	<i>Entamoeba.coli</i>	<i>Ascaris sp.</i>
		Boue stabilisée	<i>Giardia sp.</i>	<i>Teania.sp</i>
				<i>Toxocara sp.</i>
				<i>Trichuris sp.</i>
	Boues déshydratée	<i>Entamoeba.coli</i>	<i>Ascaris sp.</i>	
Aout	Boue déshydratée	<i>Entamoeba.coli</i>	<i>Ascaris sp.</i>	
Barraki	Aout	Boue déshydratée	<i>Entamoeba.coli</i>	Absence

**Tableau IV.1** : présence des formes infectantes dans les échantillons de boue collectées.

Le tableau IV.1 montre les abondances des formes de résistance des parasites, en kystes de protozoaires et en œufs d'helminthes dans les échantillons de boues collectés pendant le mois de Mai jusqu'au moi d'Aout, considéré en Algérie comme saison chaude (température moyenne enregistrée 33 °C).



D'après les données du tableau IV.1, on constate que concernant l'embranchement des helminthes, deux grandes classes sont observées : les nématodes représentés par les œufs d'*Ascaris sp.*, *Toxocara sp.*, et *Trichuris sp.* et les cestodes représentés par les œufs de *Taenia sp.* Parmi les protozoaires, les kystes d'amibes (*Entamoeba coli*) et les kystes des flagellés (*Giardia sp.*) sont toujours dans les boues déshydratées de la STEP de Beni Messous.

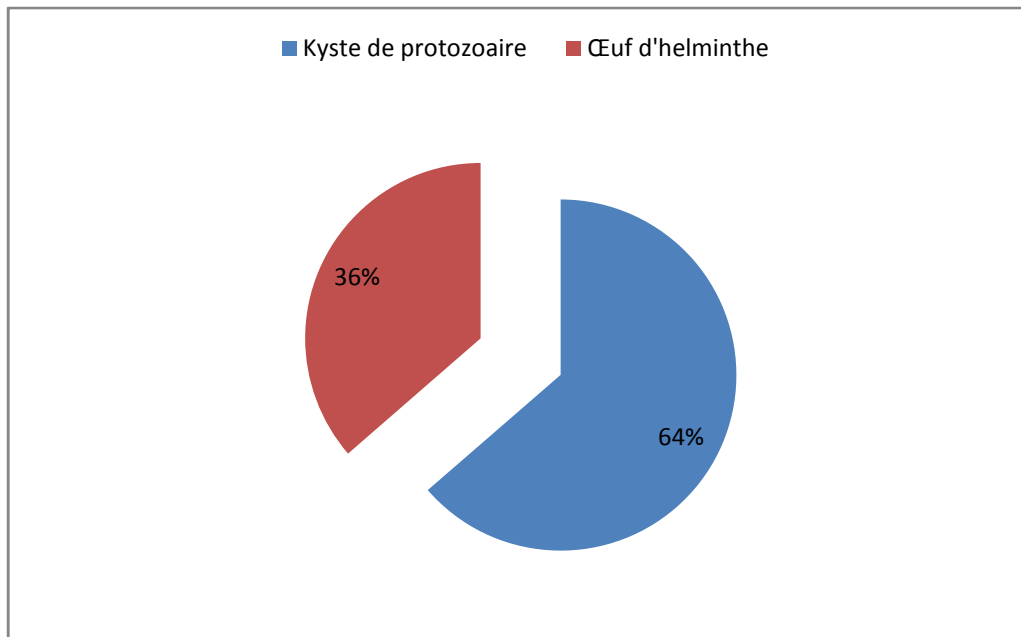
*Entamoeba coli*, protozoaire non pathogène, se rencontre dans tous les échantillons de boues des deux stations étudiées (100 %).

*Giardia sp.*, agent responsable de la giardiase, a été rencontré dans 100% dans les échantillons de boue épaissie et stabilisée et dans aucuns échantillons de boue déshydratée.

L'absence de kystes de *Giardia sp.* dans les échantillons de boue déshydratée peut s'expliquer de différentes manières. La première est le bon rendement des filières de traitement et la seconde est liée aux limites de la technique de Bailenger, sachant qu'à la base cette technique est principalement adaptée pour la détection des œufs d'helminthes.

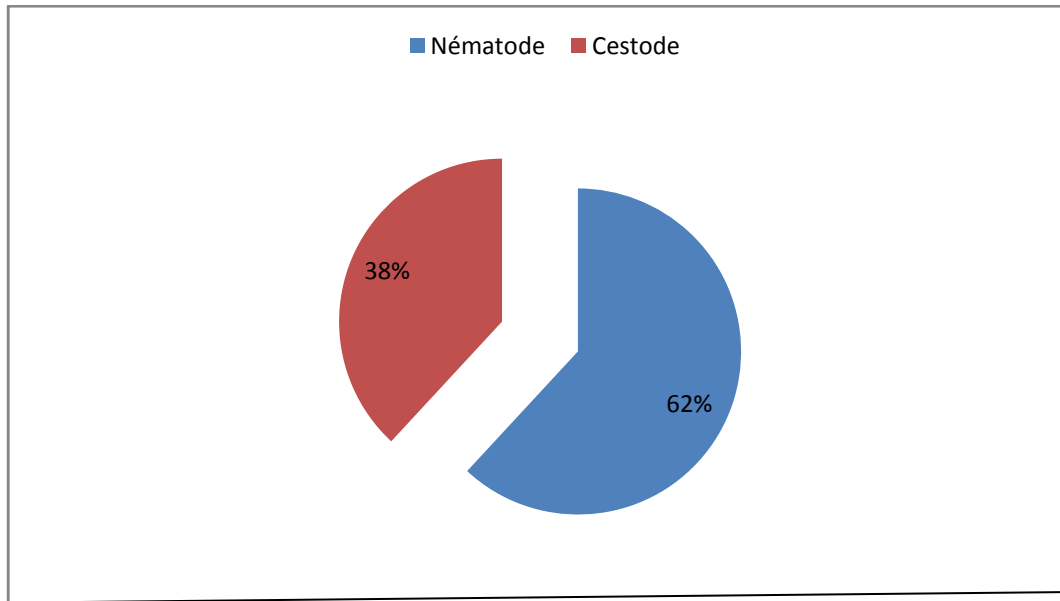
*Ascaris sp.*, parasite pathogène, a été retrouvé dans 8 échantillons (4 de boue épaissie et 4 de boue stabilisée), et dans tout les échantillons de la boue déshydratée de la STEP de Beni Messous.

*Taenia sp.*, *Toxocara sp.*, *Trichuris sp.* tous pathogènes, ont été détectés dans des échantillons de boue épaissie et stabilisée de la STEP de Beni Messous.



**Figure IV.3 :** Répartition des kystes et des œufs d'helminthes dans les échantillons collectés.

Il est à noter également que dans tous les échantillons de boues, il y a une dominance remarquable des kystes de protozoaires sur les œufs d'helminthes. Pour les kystes de protozoaires, l'abattement est variable. Il est de 100 % pour les *Giardia sp.* dans tous les échantillons de boue déshydratée pour les deux stations à boue activée Beni Messous et Baraki. Et une dominance constante pour *Entamoeba coli* 100% dans tous les échantillons de boue déshydratée.



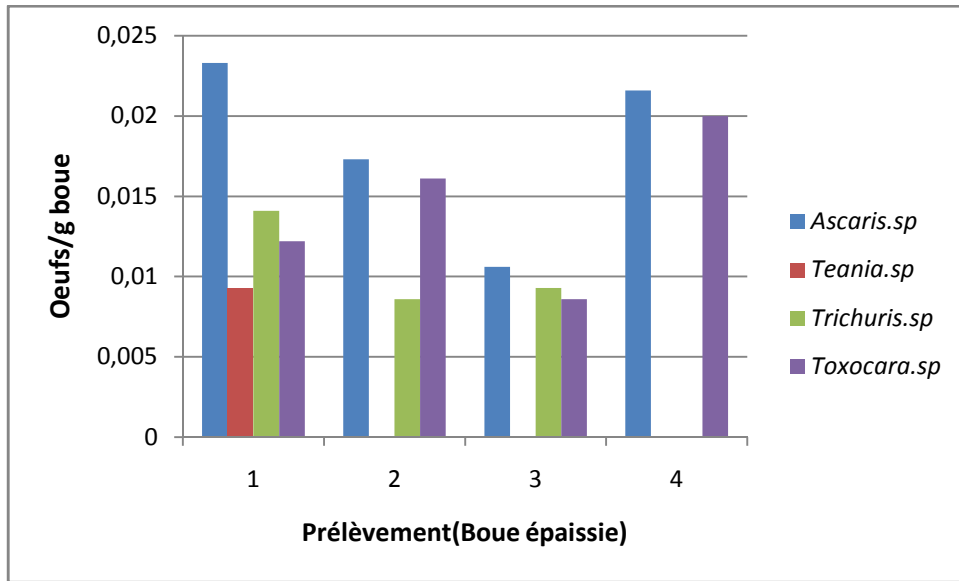
**Figure IV.4 :** Répartition des nématodes, cestodes dans les échantillons de boues collectées.

Nos résultats ont montré que les œufs des nématodes représentés par un taux de 62% (Figure IV. 4) sont plus fréquents par rapport aux cestodes (38%).

La prédominance des nématodes par rapport aux cestodes a été également signalée en France par Stien et Schwartzbrod[79] et en Tunisie par Alouini[80].

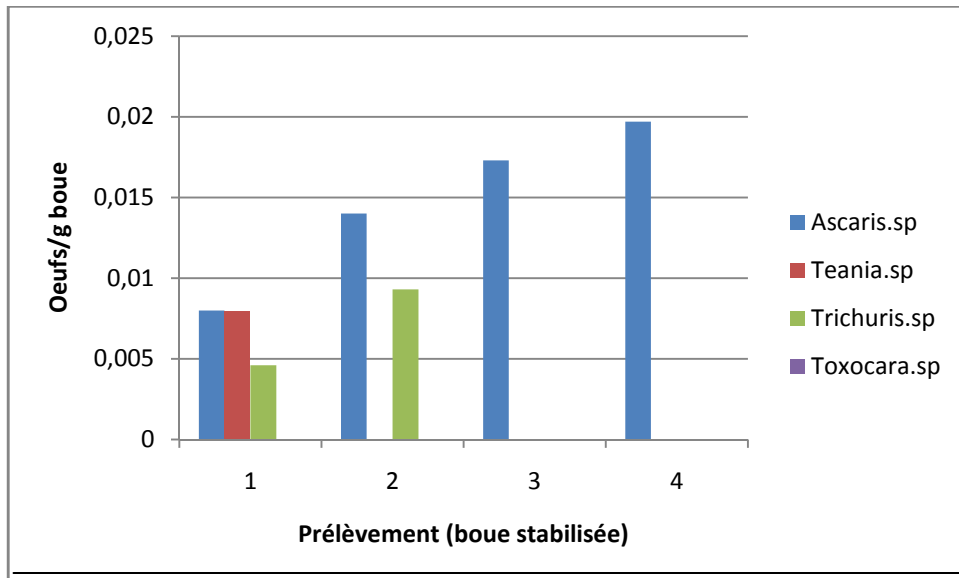
Les nématodes observés sont représentés par *l'Ascaris sp*, *Toxocara sp*, et *Trichiuris sp*.

D'après Alouini [80], les œufs et les kystes retrouvés dans les STEP en Tunisie appartiennent aux embranchements des protozoaires et des helminthes. Chez les protozoaires, on rencontre les amibes (*E .coli*) et les flagellés (*Giardia intestinalis*), pour les Helminthes, on retrouve les nématodes (*Ascaris sp*, *Trichuris sp*) et les cestodes (*Hymenolepis nana*).



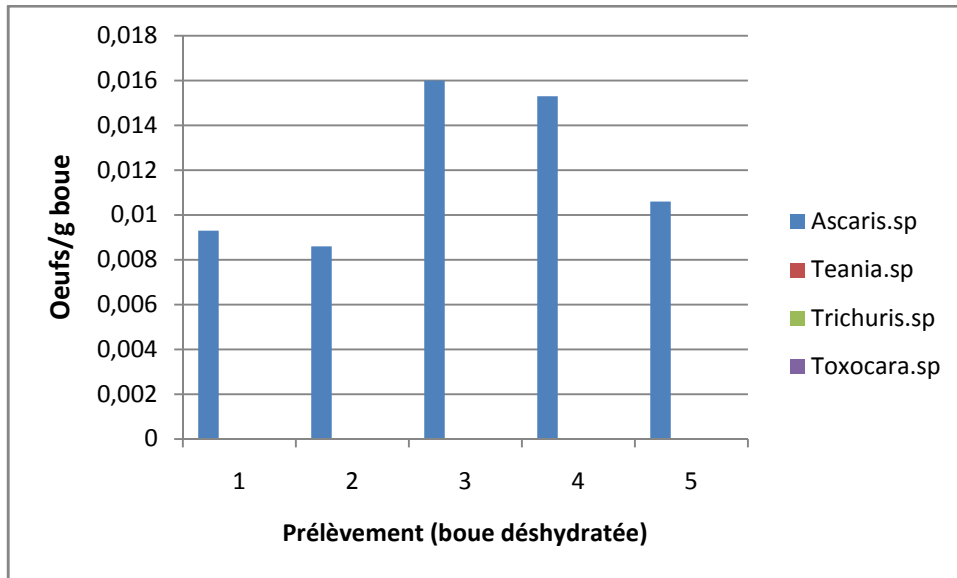
**Figure IV.5:** Variation des œufs d’helminthes dans les échantillons de boues épaissies.

Les nématodes observés sont représentés par *Ascaris sp*, *Toxocara sp* et *Trichiuris sp*



**Figure IV.6:** Variation des œufs d’helminthes dans les échantillons de boues Stabilisée.

Le parasite représentant la classe des cestodes est : *Taenia sp*



**Figure IV.7 :** Variation des œufs d’helminthes dans les échantillons de boues déshydratées.

À partir des échantillons de la STEP de Beni Messous, station à boue activée, des œufs d’*Ascaris* ont été détectés dans tous les échantillons de boue déshydratée, quel que soit le mois de l’échantillonnage.

### IV.3. Discussion :

Deux stations d’épuration ont été caractérisées et la contamination parasitaire au sein de ces stations a été évaluée. Les deux stations étudiées traitent principalement des rejets domestiques et des rejets touristiques.

On note une prédominance constante des kystes des protozoaires par rapport aux œufs d’helminthes dans tous les échantillons collectés, ce qui est en parfait accord avec les travaux antérieurs [81].

L’observation microscopique des œufs d’helminthes parasites rencontrés dans la STEP de la ville de Kenitra par Raweh et *al.*, [82], a permis de mettre en évidence deux classes de parasites, la classe des Nématodes (*Ascaris sp.*, *Trichuris sp.*, *Enterobius vermicularis*) et la classe des Cestodes (*Hymenolepis sp.* et *Taenia sp.*). De même, un suivi parasitologique des eaux usées de deux zones urbaines de la ville de Kenitra par El Guamri et Belghyti [83], a montré qu’elles sont contaminées par les œufs d’Helminthes.

Ces œufs appartiennent à la classe des Nématodes (*Ascaris sp.* et *Trichuris sp.*) et des Cestodes (*Hymenolepis sp.*, *Moneizia sp.*, et *Taenia saginata*). L’examen microscopique des échantillons d’eaux usées de la ville de Sidi Yahia (Maroc) a permis également de mettre en

évidence des parasites appartenant aux groupes suivants : les Protozoaires (*Entamoeba coli*, et *Giardia sp.*), les Nématodes (*Ascaris sp.*, *trichuris sp.* Et *toxocara sp.*) et les Cestodes (*Taenia saginata*) [81] avec une forte prédominance des nématodes [84]. Des similitudes ont été rencontrées entre les travaux antérieurs et nos résultats.

Il a été noté que les traitements usuels appliqués aux boues résiduaires des stations d'épuration permettent un abattement important mais non total de la charge parasitaire.

Aussi, un certain nombre de micro-organismes, dont certains pathogènes, sont encore présents dans ces milieux, même après traitement : les boues étudiées, restent en partie souillées par les kystes de protozoaires, et les œufs d'*Ascaris*, ce qui prouve la résistance des œufs d'*Ascaris* au différent types de traitement appliqué et qui est parfaitement en accord avec les travaux de Gaspard et al [65 ] Malgré la présence des formes infectantes dans les échantillons de boues collectée la norme OMS est respectée et qui ne dépasse pas 1 Œuf/g de boue.

Il apparaît donc important de se préoccuper des impacts potentiels et des risques sur l'homme et sur les animaux liés à ces faibles teneurs en micro-organismes, sachant que ces parasites demeurent pathogènes à faibles doses [85]. De plus, le facteur climatique joue un rôle primordial dans la prolifération des formes de résistance des parasites [86].

La technique de Bailenger est une méthode destinée à détecter principalement les œufs d'helminthes beaucoup plus que les kystes de protozoaires.

Cette technique a donc facilité l'observation aussi bien des kystes de protozoaires que des œufs d'helminthes. De plus, cette technique est simple à réaliser, rapide, permet une quantification des boues résiduaires mais nécessite quelqu'un d'expérimenté pour différencier certains artefacts pouvant être confondus avec les œufs d'helminthes (un grain de pollen et un œuf d'*Ascaris sp.* Par exemple) [87]. Par ailleurs, elle entraîne une présence accrue d'impuretés qui gênent la lecture et elle ne permet d'indiquer que la présence ou l'absence des parasites. De plus, elle ne donne aucune information sur leur viabilité.

### ❖ Conclusion

- ✚ Grâce au protocole de l’OMS, la quantification des formes de résistance des parasites a été possible au niveau des échantillons des boues résiduaires.
- ✚ De très nombreux micro-organismes pathogènes ont été décelés au niveau des échantillons collectés appartenant aux deux classes des helminthes :
- ✚ Les cestodes représentés par *teania sp.* et les nématodes représentés par *l’Ascaris sp.* *Trichuris sp.* et *Toxocara sp.* avec une prédominance des nématodes par rapport aux cestodes.
- ✚ L’analyse parasitologique a montrés aussi la présence des kystes, chez les protozoaires on rencontre les amibes (*Entamoeba.coli*) et les flagellés (*Giardia sp.*).
- ✚ Les résultats de l’analyse microbiologique ont mis en évidence des micro-organismes pathogènes tels que la salmonelle et *Escherichia .coli*.
- ✚ En terme de pollution microbiologique et parasitologique les normes de réutilisation sont respectées ce qui prouve d’une part l’efficacité de filière de traitement des boues d’épuration dans les deux STEP étudiées, et d’autre part elle permet leurs réutilisation en agriculture.
- ✚ Les traitements usuels appliqués aux boues résiduaires des deux stations d’épuration étudiées permettent un abattement important mais non total de la charge parasitaire Par conséquent une grande vigilance doit etre apportée quant à leurs réutilisations, a la fois une bonne connaissance de la valeur agronomique du produit et une évaluation des risques sanitaires s'avèrent nécessaires.





وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA**



**FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE CHIMIE INDUSTRIELLE**

# **MEMOIRE DE MASTER**

**OPTION : EAU, ENVIRONNEMENT, DEVELOPPEMENT DURABLE**

**Mise en évidence des œufs d'helminthes dans les boues d'épuration de la station  
de Béni Messous et Baraki en vue de leurs valorisations agricoles.**

**Présenté par :**

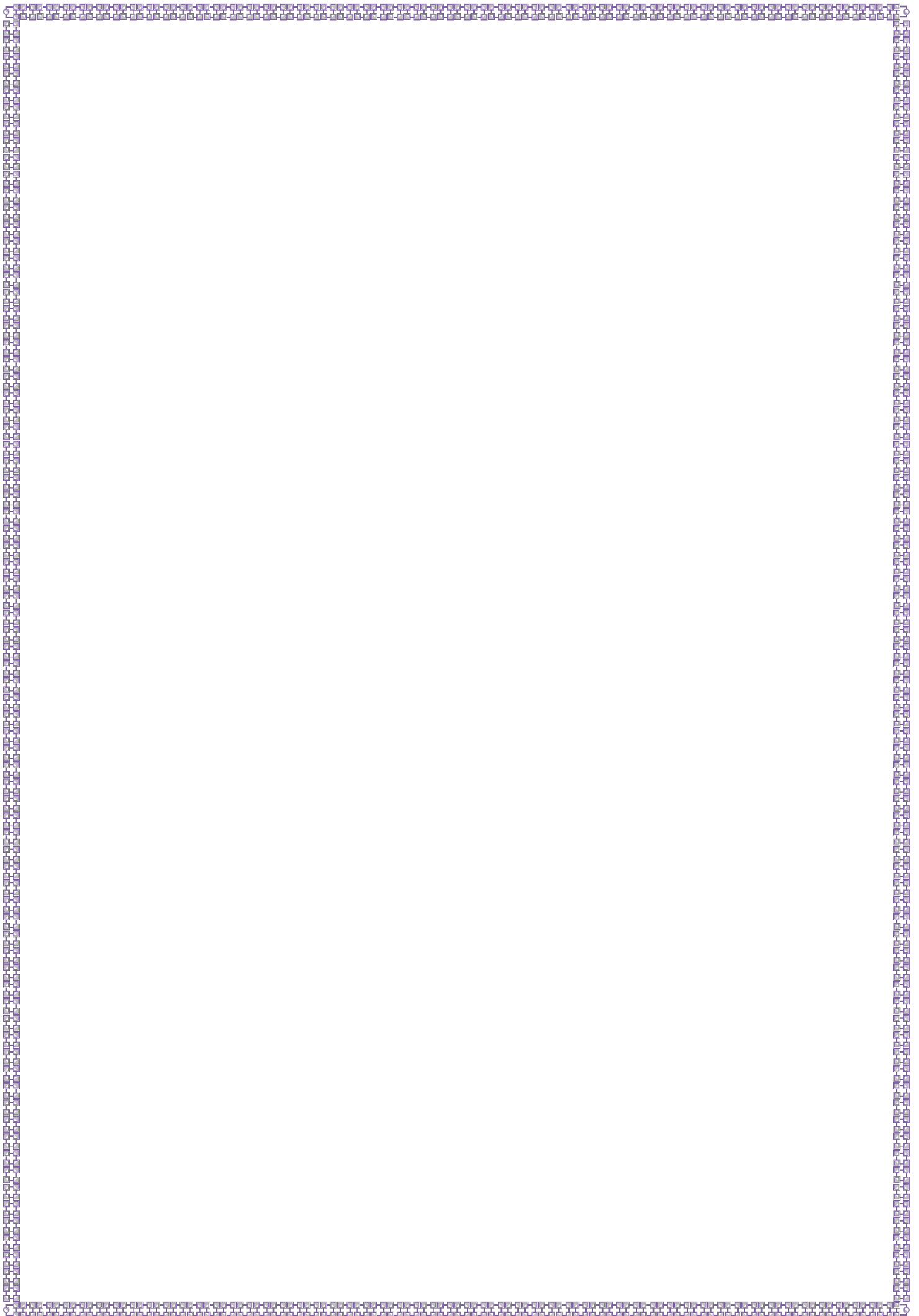
Mlle : BENALI Naoual

**PROMOTEUR :**

Mr. AOUABED.Ali

Professeur, USD-Blida.

2012-2013



## INTRODUCTION

De nos jours, les eaux domestiques usées doivent être épurées avant d'être renvoyées vers les rivières ou la mer, où elles réintègrent le cycle de l'eau. A ce stade, ces eaux doivent répondre à des normes de qualité fixées par les autorités responsables de la gestion des ressources en eau.

Quelque soit le système d'épuration adopté, le traitement des eaux usées s'accompagne d'une production de quantités de boues non négligeables dont il faut se débarrasser. Plusieurs filières existent pour l'élimination de ces boues, mais le choix doit être tributaire du coût d'installation, de l'origine de boues, de la valeur ajoutée du produit qui en résulte et de l'impact que pourrait avoir la filière retenue sur l'environnement.

La mise en décharge (appelée aussi stockage) s'avère une technique peu valorisante et est légalement interdite dans de nombreux pays [1]. L'incinération de boues a un coût prohibitif et présente un risque lié à l'impact de gaz toxiques sur l'environnement tel que celui de la dioxine [2]. La valorisation énergétique (production de biogaz comme source de chaleur et d'électricité) et la valorisation biologique ou agricole (production d'amendement organique et de compost) constituent des technologies vertes permettant de transformer les boues en produits à haute valeur ajoutée en minimisant les risques de pollution [3], néanmoins ces boues peuvent présenter un risque hygiénique de fait de la présence des micro-organismes pathogènes qui se répartissent effectivement en trois grands groupes comprenant les bactéries, les virus et les parasites, ces micro-organismes pathogènes pouvant être véhiculés par les eaux ou par les boues

L'analyse des risques sanitaires liés à ces agents montre que les parasites se distinguent nettement des bactéries et des virus de par leur résistance dans l'environnement et de par leur faible dose infectante.

Sur le plan de la composition chimique et dans le domaine bactériologique un effort réel d'évaluation et de réglementation a été fait, les informations et les données concernant le risque parasitaire sont encore plus sommaires.

Le présent travail consiste à évaluer la qualité hygiénique des boues d'épuration des deux stations d'épuration de la région algéroise, et déterminer le niveau de contamination parasitaire dans ses boues, afin de leur valorisation agricole.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- [1] : ADEME, 1999. L'incinération des déchets et la santé publique : bilan des connaissances récentes et évaluation du risque - janvier, SFSP.
- [2] : Directive 1999/31/CE du Conseil du 26 avril 1999 concernant la mise en décharge des déchets.
- [3] : Prevot H. La récupération de l'énergie issue du traitement des déchets. Rapport du Conseil général des mines. Juillet 2000. <http://www.environnement.gouv.fr/telch/2001-t3/010731-rapport-prevot-dechets-energie.pdf>.
- [4]: Werther J., Ogada T., 1999. Sewage sludge combustion. *Progress in Energy and Combustion. Science*, 25 55–116.
- [5] :ADEME, 1996. La valeur azotée des boues résiduares des stations d'épuration urbaines, 336 p.
- [6] : ANRED ,R. 1982 .La valorisation agricole des boues de la station d'épuration. Cahier technique 7, 63p.
- [7] :Zekad M. 1982 .Etude de la dynamique de la teneur en métaux dans un sol brun lessivé après utilisation des résidus urbains. Thèse de doctorat pp. 31-66
- [8] :Sbih M. 1990 .Etude de la biodégradation des boues résiduares de station d'épuration: effet pour la biodisponibilité du phosphore pour le végétal. Mémoire DAA. INAPG et INRA Grignon ,39p.
- [9] :Degremont , « Mémento technique de l'eau » 1989, Tome 2,Paris :Lavoisier technique et documentation, 1524 p
- [10] :Eckenfelder, Traduit De L'américain Par L.Vandevennue, « Gestion Des Eaux Usées Urbaine Et Industrielle ».
- [11] : Gamrasni M, « Utilisation agricole des boues d'épuration d'origine urbaine » 1981, Paris, 128 p.
- [12] : Pommelle B, »Valorisation des boues résiduares »,1975 ,I.N.R.A France 70p.
- [13] : Bougrier C, 2005, « Optimisation du procédé de méthanisation par mise en place d'un co-traitement physico-chimique :Application au gisement de biogaz représenté par les boues d'épuration des eaux usées »,thèse .Doc. Uni MONTPELLIER II ,276p
- [14] : Pacchiano, R.A., W. Sohn, V.L. Chlanda, J.A. Garbow, R.E. Stark. Isolation and spectral characterization of plant-cuticle polyesters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1993, 41 78-83.
- [15]: Bracewell, J.M., G.M. Robertson, D.I. Welch. Polycarboxylic acids as the origin of some pyrolysis products characteristic of soil organic matter. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 1980, 2 239-248.
- [16]: Shin, H.S., and H. Moon. An "average" structure proposed for soil fulvic acid aided by,DEPT/QUAT 13 C NMR pulse techniques. *Soil Science*. 1996, 161 250-256.
- [17]: Skjemstad, J.O., P. Clarke, A. Golchin, and J.M. Oades. Characterization of soil organic matter by solid-state 13C-NMR spectroscopy. In G. Cadisch and K.E. Giller (ed), *Driven by Nature. Plant Litter Quality and Decomposition*. CAB International. Wallingford, 1997, p. 253-271.
- [18]: Schnitzer, M., H. Dinel, H.R. Schulten, T. Paré, and S. Lafond. Humification of duck. *ACD*, P-65-67.
- [19] : Jarde, E., Mansuy, L., Faure, P., 2003. Characterization of the macromolecular organic content of sewage sludges by thermally assisted hydrolysis and methylation-gas chromatography-mass spectrometer (THM-GC/MS). *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 68-69, 331-350.
- [20]: Singh, K.P., Mohan, D., Sinha S., Dalwani, R., 2004. Impact assessment of treated/untreated wastewater toxicants discharged by sewage treatment plants on health, agricultural, and environmental quality in the wastewater disposal area. *Chemosphere*, 55, 227–255.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- [21]: Kakii K., Kitamura, S. Shirakashi, T. Kuriyama, M. 1986. Comparison of mucilage polysaccharides extracted from sewage activated sludge. *J. Ferment. Technol.*, 64, 1, 51-56.
- [22]: Inoue, S. Sawayama, S. Ogi, T., Yokoyama, S-Y. 1996. Organic composition of liquidized sewage sludge. *Biomass and Bioenergy*, 10, 1, 37-40.
- [23] : ADEME. 2001. Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture – dossier documentaire. p. 30.
- [24]: Zearth, B.J., McDougall, R., Neilsen, G., Neilsen, D., 2000. Availability of nitrogen from municipal sewage sludge for dryland forage grass. *Can. J. Plant Sci.* 80, 575–582.
- [25]: Su, D.C., Wong, J.W.C., Jagadeesan, H., 2004. Implications of rhizospheric heavy metals and nutrients for the growth of alfalfa in sludge amended soil. *Chemosphere*, 56, 10, 957- 965.
- [26]: Warman, P.R., Termeer, W.C. Evaluation of sewage sludge, septic waste and sewage sludge compost applications to corn and forage: Yields and N, P, and K content of crops and soils. *Bioresour. Technol.*, in press.
- [27]: Chang, A.C., Granato, T.C., Page, A.L., 1992. A methodology for establishing phytotoxicity criteria for Cr, Cu, Ni, and Zn in agricultural land application of municipal sewage sludges. *J. Environ. Qual.*, 21, 521–536.
- [28]: Cripps, R.W., Winfree, S.K., Reagan, J.L., 1992. Effects of sewage sludge application method on corn production. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23, 1705–1715.
- [29]: Alloway, A. 1995. Heavy metals in soils. Edition blackie academic&professional, 368 p.
- Almendros, G., Guadalix M.E., Gonzalez-Vila F.J., Martin F., 1996. *Org. Geochem.* 24, 6/7, 651-659.
- [30]: Lega, R., Ladwig, G., Meresz, O, Clement, R.E., Crawford, G., Salemi, R., Jones, Y., 1997. Quantitative determination of organic priority pollutants in sewage sludge by GC/MS. *Chemosphere*, 34, 1705-1712.
- [31]: Pérez, S., Guillamón , M., Barceló, D., 2001. Quantitative analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in sewage sludge from wastewater treatment plants. *Journal of Chromatography A*, 938, 1-2, 57-65
- [32]: Klöpffer, W., 1996. Environmental hazard assessment of chemicals and products. Part V. revue. Anthropogenic chemicals in sewage sludge. *Chemosphere*, 33, 1067-1081.
- [33]: Sahlström, L., Aspan, A., Bagge, E., Tham M.L.D., Albiñ, A., 2004. Bacterial pathogen incidences in sludge from Swedish sewage treatment plants. *Water Research*, 38, 1989-1994.
- [34] : Ecrin, 2000. Que faire des boues ? (What doing with sludge?), Club Environnement et société. December 2000 - [www.ecrin.asso.fr](http://www.ecrin.asso.fr).
- [35] : LARA A.I., BONNET B.R.P., ANDREOLI C.V., FERREIRA A.C. and PEGORINI E.S.(1999). Monitoring of the recycling of sewage sludge for use in agriculture in the state of Parana, Brazil"Specialised conference on Disposal and Utilisation of Sewage Sludge : treatment Methods and Application Modalities 79-86.
- [36]: HAUBRY A. (1994). Les boues : caractéristiques, destinations finales, filières de traitement In "les boues des stations d'épuration urbaines". Session de formation continue - Paris 7/10 novembre 1994. E.N.G.R.E.F., Cemagref (Ed), 295 p129-168.
- [37] : SIMONSEN N. (1999). Thermal sludge treatment in Denmark, examples of efficient drying and incineration"Specialised conference on Disposal and Utilisation of Sewage Sludge : treatment Methods and Application Modalities", october 13-15 1999, Athens, Greece 487-495.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [38]: PAULSRUD B., WIEN A. and TRANUM I. (1999). Stabilisation and disinfection of sludge from biological / chemical joint treatment of municipal and industrial (airport) wastewater"Specialised conference on Disposal and Utilisation of Sewage Sludge : treatment Methods and Application Modalities", october 13-15 1999, Athens, Greece 169-176.
- [39]: KREBS G., COMMERFORD P. and MAIER C. (1999). Sewage sludge drying by using alternative heAMER A.A. (1997). Destruction of sludge pathogenic bacteria using quick lime and cement dust. Egypt. J. Soil Sci., **37**, 343-354at sources 551-558.
- [40] : AMER A.A. (1997). Destruction of sludge pathogenic bacteria using quick lime and cement dust. Egypt. J. Soil Sci., **37**, 343-354
- [41] : FURET G. (1997). Synthèse bibliographique sur l'effet hygiénisant du chaulage des boues d'épuration. Ademe, journées techniques des 5 et 6 juin 199759-67.
- [42]: WARD R.L. (1980). Virus survival during sludge treatment in Goddard M. & Butler M., Viruses and Wastewater Treatment, Pergamon Press, Oxford, 1981, 65-67.
- [43]: Boeglin.J, "Technique de l'ingénieur", J3944-1.
- [44] : Deschamps et al, 'Traitement des sols contaminés par métaux lourds '1998 ,202p
- [45] : Lasseé.C,'A nalyse des boues',1985 ,Tome N°2,analyse chimique,Paris,122 pg.
- [46] : Keiding. K, Wybrandt, L. Nielsen, 'Remember the water a comment on EPS colligative properties' ,2001 ,Water Sci.Technol.43(6),17-23.
- [47]: Mikkelsen L.H., Keiding. K, 'Physico-chemical characteristics of full scale sewage sludges with implications to dewatering',2002, Water Res. 36 (10), 2451-2462.
- [48]: Liu Y,Fang. H.H.P , 'Influences of extracellular polymeric substances (EPS) on flocculation, settling, and dewatering of activated sludge' ,2003 ,Crit .Rev.Environ.Sci. technol.33 (3), 237-273.
- [49] : Crompton DWT. Chimio-prévention des helminthiases chez l'homme : utilisation coordonnée des médicaments anthelminthiques pour les interventions de lutte : manuel à l'intention des professionnels de la santé et des administrateurs de programmes. Genève : Organisation mondiale de la santé, 2008.
- [50] : Gaspard P, Schwartzbrod J. Irrigation with wastewater: parasitological analysis of soil. Zbl Hyg 1993; 193: 513-20.
- [51]: Shuval HI, Adin A, Fattal B, Rawitz F, Yekutiél P. Wastewater in developing countries: health effects and technical solutions. World Bank Tech Pap 1986 ; 51 : 326.
- [52]:OMS. L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à visée sanitaire. Série de rapport technique, n°8778. Genève: OMS, 1989.
- [53]: WHO. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Vol. 2. Wastewater use in agriculture. Geneva: WHO Library cataloguing-in-publication data, 2006.
- [54]: Mandi L, Ouazzani N, Bouhoum K, Boussaid A. Wastewater treatment by stabilization ponds with and without macrophytes under arid climate. Water Sci Technol 1993 ; 28 : 177-81.
- [55]: EL Hamouri B, Khallayonne K, Bouzoubaa K, Rhallabi N, Chalabi M. High-rate algal pond performances in faecal coliforms and helminth egg removals. Water Res 1994;28:171-4.
- [56] :Ouazzani N, Bouhoum K, Mandi L, et al. Wastewater treatment by stabilization pond: Marrakesh experiment. Water Sci Technol 1995 ; 31 : 75-80. [57]:Konaté Y, Maiga AH, Wethe J, Basset D, Casellas C, Picot B. Sludge accumulation in anaerobic pond and viability of helminth eggs: a case study in Burkina Faso. Water Sci Technol 2010 ; 61 : 919-25.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- [58]: Crompton DWT, ed. First WHO report on neglected tropical diseases: working to overcome the global impact of neglected tropical diseases. Geneva: WHO, 2010.
- [59]: Jimenez-Cisneros BE, Maya-Rendon C. Helminths and sanitation. In: Méndez-Vilas A, ed. Communicating current research and educational topics and trends in applied microbiology. Badajoz (Spain) : Formatex Research Centre, 2007.
- [60]: Wharton DA. The production and functional morphology of helminth egg-shells. *Parasitology* 1983 ; 86 : 85-97.
- [61]: Schwartzbrod J, Capizzi-Banas S. Parasite contamination of liquid sludge from urban wastewater treatment plants. *Water Sci Technol* 2003 ; 47 : 163-6.
- [62] : Ursula J, Blumenthal D, Duncan M, Peasey A, Ruiz-Palacios G, Rebecca S. Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. *Bull WHO* ; 2000 (9) : 1104-16.
- [63] : Agence française de développement. Réutilisation des eaux usées traitées\_ perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action, rapport final. Paris: AFD, 2011.
- [64]: M. G. SATCHWELL (1983),AN ADAPTATION OF CONCENTRATION TECHNIQUES FOR THE ENUMERATION OF PARASITIC HELMINTH EGGS FROM SEWAGE SLUDGE
- [65]: Gaspard P.G, a ,J. Wiart h & J. Schwartzbrod,URBAN SLUDGE REUSE IN AGRICULTURE: WASTE TREATMENT AND PARASITOLOGICAL RISK, 1994,Elsevier Science Limited .
- [66]: Philippe G. Gaspard, Janine Schwartzbrod,Parasite contamination (helminth eggs) in sludge treatment plants: definition of a sampling strategy ,2002 . Elsevier Science Limited .
- [67]: S. Capizzi-Banas , M. Deloge, M. Remy1, J. Schwartzbrod,Liming as an advanced treatment for sludge sanitisation: helminth eggs elimination,Ascaris eggs as model,2004. Elsevier Science Limited .
- [68] : Brian M. Pecsona, Jose´ Antonio Barriosb, Blanca Elena Jime´nezb, Kara L. Nelsona,The effects of temperature, pH, and ammonia concentration on the inactivation of Ascaris eggs in sewage sludg,2007.
- [69]: Doulaye Kone´a, Olufunke Cofieb, Christian Zurbrugga, Katharina Gallizzia .Helminth eggs inactivation efficiency by faecal sludge dewatering and co-composting in tropical climates,2007. Elsevier Science Limited .
- [70]: Layla Ben Ayed, Zoubeir Alouini, Myriem Jemli, Sonia Sabbahi ,Évaluation de la qualité Parasitologique des eaux usées et des boues résiduaires en Tunisie, 2007. Elsevier Science Limited.
- [71] : SYLLA I. et BELGHYTI D ,Analyse Parasitologique des eaux usées brutes de la ville de Sidi Yahia du Gharb (Maroc),2008. *Revue Mondiale de la Recherche Biologique*. 001 (2) : 1-10.
- [72]: Sungmin Muna, Shin-Hyeong Cho b, Tong-Soo Kim b, Byung-Taek Oh c,



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Jeyong Yoon a. Inactivation of *Ascaris* eggs in soil by microwave treatment compared to UV and ozone treatment, Elsevier Science Limited.
- [73]: N. Gupta, D.K. Khan, S.C. Santra, Prevalence of intestinal helminth eggs on vegetables grown in wastewater-irrigated areas of Titagarh, West Bengal, India, 2009.
- [74]: Mita E. Sengupta a, Stig M. Thamsborg a, Thorbjørn J. Andersen b, Annette Olsen a, Anders Dalsgaard a. Sedimentation of helminth eggs in water, 2011.
- [75]: C. Maya, F.J. Torner-Morales, E.S. Lucario, E. Hernández, B. Jiménez, Viability of six species of larval and non-larval helminth eggs for different conditions of temperature, pH and dryness, 2012.
- [76]: Fella Hamaidi, Abdelmalek Benghrebja, Rabia Zahraoui, Hichem Kais, M. Said Hamaidi, et Smain Megateli., Analyse parasitologique des eaux brutes de l'oued Beni-Azza contaminé par les eaux usées de la commune d'Oueld Yaich (Blida - Nord Ouest Algérie), 2012. Elsevier Science Limited.
- [77]: Amrioui. B et Zenaidi. N, 1982, Diagnostic de laboratoire en parasitologie, Ed : El Khezna, Alger.
- [78]: Beauvais. B et Larivière. M, 1987, Parasitologie médicale, Ed : Sime, Paris.
- [79]: Stien, 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*, 3 (3/4): 77-82.
- [80] Alouini, Z. (1993). Flux de la charge parasitaires dans cinq stations d'épuration en Tunisie, *Revue des sciences de l'eau*. 6 (4) : 453-462.
- [81]: Raweh, S., elkharrim, K., Cisse, M., El Guamri, Y., Abchir, Y., et Belghyti, D. (2010). Aspect parasitologique des eaux usées rejetées dans le bas sebou (Kénitra, Maroc), *World Journal of Biological Research*, 12 p.
- [82]: Alouini Z. Devenir des oeufs et des kystes de parasites au cours d'un cycle d'épuration de la station Cherguia à Tunis. *Houille Blanche* 1998 ; 7 : 60-4.
- [83]: El Guamri, Y., et Belghyti, D. (2007). Contamination des eaux usées du réseau d'assainissement liquide par les oeufs d'helminthes parasites (cas de la ville de Kénitra, Maroc). *Rev. Microbiol. Ind. San. Et Environn.*, 1 (1): 44-59.
- [84]: Dssouli, K. (2001). Traitement et réutilisation des eaux usées en agriculture au Maroc Oriental (Oujda): Etude des helminthes parasites. Thèse de Doctorat d'Etat en parasitologie. Fac. Sci. Oujda. 133p.
- [85]: Barbier D, Perrine D, Duhamel C, Doublet R, Georges P. Parasitic hazard with sewage sludge applied to land. *Appl Environ Microbiol* 1990 ; 56 : 1420-2.
- [86]: Fitzgerald PR. Pathogens in wastewater : Transport and fate of parasites. waterborne transmission by sew.
- [87]: Casson LW, Sorber CA, Sykora JL, Gavaghan PD, Shapiro MA, Jakubowski W. Giardia in wastewater-effect of treatment. *J WPCF* 1990 ; 62 : 670-5. age. EPA 600/9-77-001. Washington (DC) : EPA, 1977.



## ***REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES***

---