



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la
vie
Département des sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques

Référence / 2022

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Parasitologie

Présenté et soutenu par :
TABRHA AYA ET KADDOUR ASSIA

Le: mercredi 29 juin 2022

Etude bibliographique sur la qualité parasitologique des eaux usées

Jury:

Titre	Guellati Chérifa	MAA	Université de Biskra	Président
Titre	Medjadba Aicha	MAB	Université de Biskra	Rapporteur
Titre	ATTIR Badreddine	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire: 2021 – 2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

*D'abord je tiens à remercier sincèrement et tout puissant **ALLAH** qui m'aide
et me donne-la Santé, la patience et le courage durant ces longues années d'étude
et la force pour finir ce Travail.*

*Je tiens à remercier sincèrement mon encadreur Mme Medjadba Aicha, son suivi, son
Encouragement, son orientation et son disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*J'adresse également mes plus sincères remerciements aux membres jury pour leur acceptation
d'évaluer ce modeste travail.*

Merci à tous et à toutes

Dédicaces

A ma chère mère, Bali Najat

*Cela m'a beaucoup motivé et encouragé, à me soutenir tout au long de nos années
Pour étudier, je ne pourrai jamais la remercier pour son aide et sa patience, tout ce que j'ai
Merci et tout mon amour.*

A mon cher père Noureddine

*Qui a le droit de recevoir mes sincères remerciements pour le courage et le sacrifice ?
Il m'a fourni tous les moyens nécessaires pour faire cet humble travail.*

Pour mon soutien et ma force.

*Et à la première de lui témoigner la faveur qui m'est faite, et de lui annoncer mon amour, mes
remerciements et ma gratitude envers mon professeur, qui m'a encadré et m'a dirigé vers le chemin
de la connaissance, aïcha.*

A mon cher grand-père Tabarha Ahmed et feu mon grand-père Bali Muhammad et ma grand-mère

Haddouche DJawhar et chère Tabarha Hadda

*A mes chers frères, mon soutien dans le passé et le pur futur, Tahar et Abd el Raouf, mes sœurs,
Wiam et Nour, et à ma petite fleur, Noha, la belle.*

AYA

Dédicaces

À ma chère maman

*Qui m'a énormément poussé et encouragé, de me supporter tout au long de nos Années
D'étude, je ne pourrai jamais la remercier pour son aide et sa Patience, toute ma
Reconnaissance et tout mon amour.*

À mon cher père

*Qui a le droit de recevoir mes chaleureux remerciements pour le courage et le sacrifice et qui
M'a fournir tous les moyens nécessaires pour réaliser ce modeste travail.*

À mon soutien et ma force.

À mon chère grand-père Kaddour Taieb et ma grand-mère Drissi Aicha.

Mes chères frères Djihad, Mouatez et Bachir et ma chère sœur Samah.

ASSIA

Le sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des tableaux	I
Liste des figures	II
Liste des abréviations	III
Introduction	1

CHAPITRE I : Les eaux usées

I.1. Définition	04
I.2. Origine des eaux usées	04
I.3. Différents types des eaux usées	04
I.3.1. Eaux usées domestiques	04
I.3.2. Eaux usées industrielles	04
I.3.3. Eaux usées	05
I.3.4. Eaux de pluie et de ruissellement	05
I.4. Les caractéristiques des eaux usées	06
I.5. Risques sanitaires	07
I.6. Facteurs de risque	07
I.7. Survie des agents pathogènes	08
I.8. Traitement des eaux usées	08
I.8.1. Le traitement préliminaire	09
I.8.2. Le traitement primaire	09
I.8.3. Le traitement secondaire	09
I.8.4. Le traitement tertiaire et/ou avancé	09

CHAPITRE II : Les Parasites intestinaux

II.1. Rappel sur les parasitoses intestinales	12
II.2. Classification des parasites intestinaux	13

II.2.1. Les protozoaires intestinaux.....	13
II.2.2. Les helminthes intestinaux.....	13
II.3. Mode de contamination.....	15

Chapitre III : Matériel Et Méthodes

III.1. Les régions d'études.....	18
III.2. Méthodes de travail.....	19
III.2.1. Techniques d'échantillonnage.....	19
III.2.2. Méthode de concentration.....	20
III.2.2.1. Matériels utilisées.....	20
III.2.2.2. Réactifs.....	21
III.2.2.3. Mode opératoire.....	21
III.2.3. D'autres méthodes de concentration.....	23

Chapitre IV : RESULTATS

IV.1. Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute.....	26
IV.1.1. La première étude	27
IV.1.2. La deuxième étude	28
IV.1.3. La troisième étude	28
IV.1.4. La quatrième étude	29
IV.1.5. La cinquième étude	30
IV.1.6. La sixième étude	31
IV.1.7. La septième étude	32
IV.1.8. La huitième étude	33
IV.1.9. La neuvième étude	34
IV.1.10. La dixième étude	34
IV.2. Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées	38
IV.2.1. La première étude	39
IV.2.2. La deuxième étude	39

IV.2.3. La troisième étude	40
IV.2.4. La quatrième étude	41
IV.2.5. La cinquième étude	41
IV.2.6. La sixième, septième et huitième étude	42
IV.2.7. La neuvième étude	42
IV.2.8. La dixième étude	42

DISCUSSION

IV 1. Evaluation du risque sanitaire des eaux usées des différentes études.....	49
IV 2. Evaluation de l'efficacité d'épuration.....	49
Conclusion.....	52
Références bibliographies.....	55
Résumé	

Liste des tableaux

Tableaux	TITRE	Pages
1	Caractéristiques épidémiologiques de quelques agents pathogènes des eaux usées	06
2	Survie des agents pathogènes dans les eaux usées.	08
3	Les parasites pathogènes dans les eaux usées.	14
4	Les régions des différentes études et leurs sites de prélèvement.	18
5	Autres techniques trouvées dans certains articles.	23
6	Les protozoaires contenus dans les eaux usées brutes des différentes études analysées.	36
7	Les protozoaires et les helminthes contenus dans les eaux usées brutes des différentes études analysées.	37
8	Taux d'épuration des protozoaires contenus dans les eaux usées épuré des différentes études analysées (- : espèce non étudiée).	44
9	Taux d'épuration des helminthes contenus dans les eaux usées épuré des différentes études analysées	45

Liste des figures

N°	TITRE	Page
1	Nature de la pollution des eaux	05
2	Principales caractéristiques des eaux usées	06
3	Les différents procédés d'épuration des eaux usées (physiques, chimiques, Biologiques ...)	10
4	Classification zoologique des parasites intestinaux.	12
5	Cycle de transmission des maladies liées au péril fécal	16
6	Localisation géographique des différentes régions d'études analysées	19
7	Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute.	26
8	Concentrations moyenne en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute des cinq stations d'épuration en Tunisie (Alouni., 1993).	27
9	Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute du canal à ciel (Bouhoum et al, 1997).	28
10	Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute de la station Cherguia (Tunis) selon Alouini, (1998).	29
11	Concentrations moyennes en œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute des ncollecteurs urbains de la ville de Kénitra selon El Guamri et Belghyti., (2006).	30
12	Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les Œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute à Khouribga (Maroc)	31
13	: Concentrations moyennes en kystes (kystes/L) de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées de la ville de Fès brute	32
14	La moyenne des 4 stations de prélèvement en Rabat (maroc)	33
15	Charge parasitaire trouvée dans les eaux usées brute au niveau des quatre Stations d'échantillonnage du collecteur « Gouro »	34
16	Charge parasitaire trouvée dans les eaux usées brute au niveau des quatre Stations d'échantillonnage du collecteur « Gouro »	34
17	Concentrations moyennes en œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute de Cambérène (Dakar)	35

18	Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute à Ain Defla (Algérie)	35
19	Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de Protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées.	38
20	Concentrations moyennes en kystes (kystes/L) de Protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées selon Alouini (1993).	39
21	Concentrations moyennes en kystes (kystes/L) de Protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées selon Bouhoum et al. (1997).	40
22	Concentrations moyennes en kystes (kystes/L) de Protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées selon Alouini (1998).	41
23	Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de Protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées selon khalil et al. (2007).	42
24	Concentrations moyennes en kystes (kystes/L) de Protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées selon Frah et Bouzad (2018).	43

Liste des abréviations

DI : Dose infectante

DMI : Dose minimale Infectieuse

ERU : Eaux résiduaires urbaines

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

O.C.P : Office Chérifien des Phosphates

K : kystes de Protozoaires

O : œufs d'Helminthes

G. intestinalis: Giardia intestinalis

E. coli: Escherichia coli

E. histolytica: Entamoeba histolytica

H. nana: Hymenolepis nana

Moy : Moyenne

% : pourcentage

Introduction

Les ressources en eau sont lesquelles l'eau peut être obtenue pour l'utiliser comme source d'eau potable, de baignade et d'autres affaires ménagères ainsi qu'aux domaines d'utilité humaine tels que l'agriculture et l'industrie... etc. Toutes ces utilisations nécessitent que l'eau soit douce.

La majeure partie de l'eau sur terre est de l'eau salée (97%), tandis que seulement 3% des ressources en eau sont de l'eau douce, et plus des deux tiers des ressources en eau douce se trouvent sous forme gelée dans les glaciers et les calottes polaires (*Gleick, 1993*).

Quant au reste des ressources en eau douce non gelée, elles se trouvent dans les eaux souterraines, et le reste se présente sous forme de lacs, de rivières et de ruisseaux à la surface de la terre ou sous forme de vapeur d'eau. Ces ressources sont des ressources renouvelables, le stock d'eau des nappes phréatiques est en constante diminution, ce qui peut menacer l'équilibre écologique, d'autant plus qu'il n'y a pas d'image claire de l'ampleur du danger de perturber cet équilibre. (Site web1).

Par conséquent, une solution à ce problème est nécessaire par une alternative qui doit être retrouvée dès que possible. Pour cela, de nombreuses régions ont eu recours à l'utilisation des eaux usées dans de nombreux domaines notamment en agriculture le plus gros consommateur des ressources en eau, ce qui constitue un risque réel pour la santé humaine et de l'environnement, en particulier ceux qui sont réutilisés pour l'irrigation de l'agriculture, ceci en raison de sa pollution et de sa mauvaise qualité physicochimique, microbiologique et parasitologique. L'Organisation mondiale de la santé a donc recommandé d'utiliser des eaux purifiées qui répondent aux normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation afin de protéger les populations, les ouvriers agricoles, les consommateurs des produits agricoles, les ressources en eau superficielle et souterraine (*Gleeson, 2012*).

De nombreuses études ont été effectuées pour évaluer la qualité physicochimique, microbiologique et parasitologique de ces eaux (*Alouni, 1993 ; Bouhoum et al., 1997 ; Akpo et al., 2013 ; Frah et Bouzad, 2018 ; Ben medjeddel, 2021*). L'objectif de ce travail est de mener une étude analytique sur la charge parasitaire des eaux usées dans plusieurs régions d'Afrique et son devenir au cours des différents procédés de traitement des eaux usées. Ce modeste travail est constitué de deux parties :

- La première partie est purement bibliographique constitué de deux chapitres :
 - ✓ Le premier sous formes des généralités sur les eaux usées, leurs risques sanitaires, les étapes de traitement des eaux résiduaires...;
 - ✓ Le deuxième est un **rappel sur les parasitoses intestinales** notamment les espèces pathogènes qu'on peut rencontrer dans les eaux usées
- La deuxième partie est expérimentale constituée de trois chapitres :
 - ✓ Celui de matériel et méthodes résume la localisation des régions d'études des différentes études analysées, l'échantillonnage, le matériel utilisé et le mode opératoire des méthodes de concentration des éléments parasitaires suivi par ces études
 - ✓ Un autre chapitre sous forme d'un bilan des résultats analysés ;
 - ✓ Le dernier chapitre permet d'interpréter les différents résultats obtenus via ces études ;

Enfin on a terminé par une conclusion générale

Chapitre 01

Les eaux usées

I. Les eaux usées

I.1. Définition

Les eaux usées sont les eaux rejetées par les collectivités et les industries et qui sont acheminées par les égouts en station d'épuration afin d'être traitées. Après traitement, on les appelle des eaux usées épurées (Baumont et *al.*, 2004). Il s'agit des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine (Grosclaude, 1999 ; Rejsek, 2002).

I.2. Origine des eaux usées

L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables. En plus des eaux de pluies, les eaux résiduaires urbaines sont principalement d'origine domestique mais peuvent contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle d'extrême diversité. Donc les eaux résiduaires urbaines (ERU) sont constituées par :

- Des eaux résiduaires ou eaux usées d'origine domestique, industrielle et/ou agricole
- Des eaux pluviales ou de ruissellements urbains (Rodier et *al.*, 2005).

I.3. Différents types des eaux usées

D'après Moulin et *al.*, (2013), les eaux résiduaires urbaines (ERU) sont constituées par:

I.3.1. Eaux usées domestiques : sont un mélange d'eaux contenant des excréments humaines : urines, fèces (eaux-vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont généralement sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement des eaux vannes d'évacuation de toilette et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains (Rejsek, 2002).

I.3.2. Eaux usées industrielles : Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales. Ces eaux ont une grande variété et peuvent être toxiques pour la vie aquatique, ou pour l'homme. Les liquides résiduaires sont des liquides résultant des fabrications ; c'est le cas des solutions de produits chimiques, des solutions de sous-produits, ou le cas des liquides acides provenant de la vidange des cuves de décapage des métaux (Figure 1) (Edline, 1979).

Les rejets industriels peuvent suivre trois voies d'assainissement soit:

- Directement rejetés dans le réseau domestique.
- Prétraités puis rejetés dans le réseau domestique.
- Entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel (Baumont et *al.*, 2004).

I.3.3. Eaux usées agricoles : Ceux sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation).
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,..) (Figure 1) (Boutin et *al.*, 2008).

I.3.4. Eaux de pluie et de ruissellement : Les eaux pluviales et de ruissellement sont pris en compte dans le cas où le système de collecte des eaux usées est unitaire, ceci lors du traitement en station d'épuration. Les eaux de pluie sont susceptibles d'entraîner les polluants atmosphériques et de contaminer par infiltration et ruissellement les eaux superficielles et souterraines. Les principaux polluants en cause sont le SO₂, le NO et ses dérivés, les poussières (Figure 1) (Radoux, 1995).

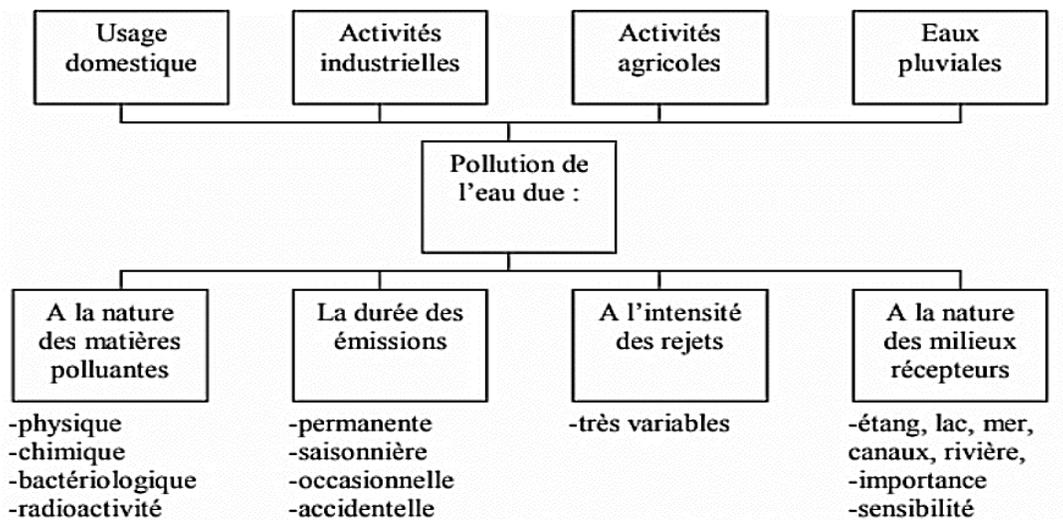


Figure 1. Nature de la pollution des eaux (Anonyme a, 1990).

I.4. Les caractéristiques des eaux usées : elles sont extrêmement variables en fonction de leurs origines (industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physique-chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les micro-organismes, les matières en suspension, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives (Duvivier, 2006) (Figure 2 et Tableau 1).

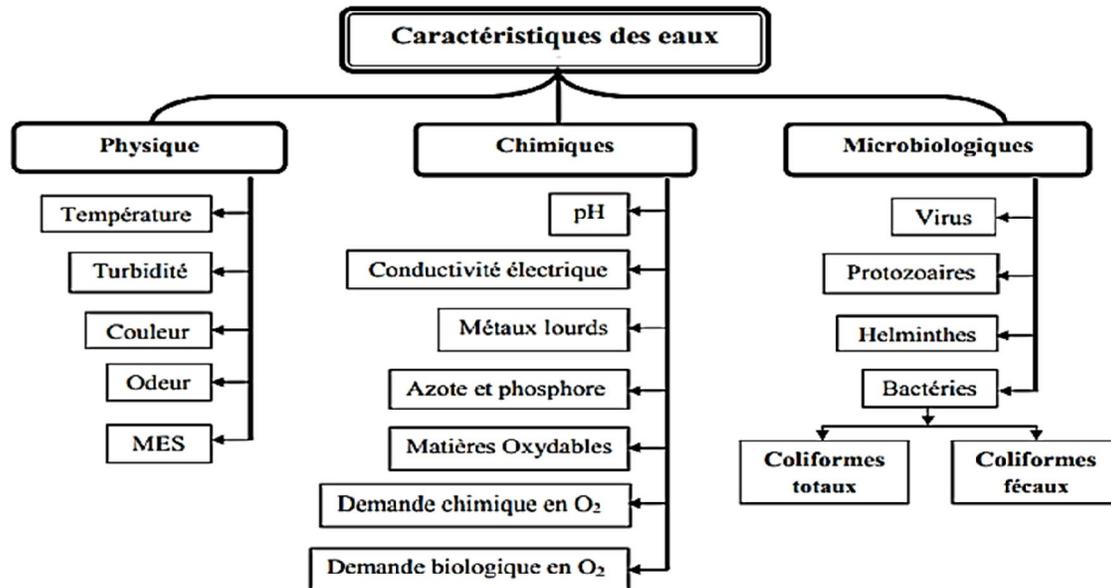


Figure 2. Principales caractéristiques des eaux usées (Duvivier, 2006)

Tableau 1 : Caractéristiques épidémiologiques de quelques agents pathogènes des eaux usées (Feachem et al. (1983) in Faby et Brissaud (1997)).

Agents (parasites)	Quantité excrétée/g fèces	Latence	survie	Multiplication dans l'environnement	Dose infectante (DI 50) ^a
<i>Amibe dysent</i>	10 ⁷	0	25 jours	Non	10 à 100
<i>Giardia lamblia</i>	10 ⁵	0	25 jours	Non	10 à 100
<i>Ascaris</i>	10 ⁴	10 jours	> 1 an	Non	Quelques unités
<i>Tænia</i>	10 ⁴	20 mois	9 mois	Non	1

(a) DI 50 : dose infestant suffisante pour provoquer l'apparition de symptômes cliniques chez 50% des individus soumis au test.

I.5. Risques sanitaires

Les rejets urbains et industriels de plus en plus importants, constituent un danger croissant pour le milieu naturel. Ils provoquent des altérations du milieu environnant à cause de leurs charges en matières en suspension, en substances dissoutes souvent toxiques. Devant le développement industriel, la progression démographique et la grande densité des zones urbaines, l'homme et ses activités contribuent énormément au développement de la pollution des ressources naturelles.

Parmi les maladies liées au manque d'eau potable, à une mauvaise hygiène et à l'absence de système d'assainissement adéquat, on peut citer : le choléra, l'hépatite A, la dysenterie, la polio, les maladies diarrhéiques, la typhoïde, la bilharziose, les parasites intestinaux.

L'environnement urbain et les récepteurs naturels deviennent de plus en plus fragiles et demandent une plus grande protection contre les pollutions. C'est pour cette raison qu'il faut adapter un système d'épuration des eaux usées (Anonyme b, 2003).

I.6. Facteurs de risque

Les risques inhérents à la réutilisation des eaux usées dans la population dépendent de plusieurs facteurs de risque :

- Produits qui consomment des eaux usées pour l'irrigation ou la fertilisation des boues.
- Consommation de la viande d'animaux nourris avec des aliments irrigués avec des eaux usées.
- Contact direct avec les eaux usées (travailleurs agricoles... etc.).
- Proximité des zones de diffusion des eaux usées (enfants).

Le risque d'infection dépend de l'agent pathogène et de l'environnement qui le favorise envoyer. L'élément le plus important est la concentration Agents pathogènes dans les eaux usées, leur survie dans le milieu extérieur, leur dosage Infection, biologie des agents pathogènes et immunité induite chez l'homme. En dehors d'Infection virale, aucun autre agent pathogène ne fournit une forte immunité réinfectée (Nicolas et *al.* 2001).

I.7. Survie des agents pathogènes

La survie des agents pathogènes dans les eaux usées peut attendre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées (tableau 2) (Khalil et *al.*, 2008). Elle dépend de la température du milieu qu'ils sont exposés :

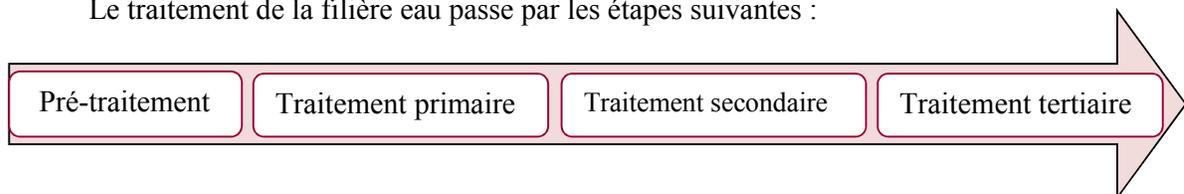
- La lumière UV s'est avérée efficace contre les agents pathogènes infectieux et réduisant ainsi leur survie dans l'environnement.
- De plus, le pH du milieu, les acides ne sont pas propices au développement de produits biologiques.
- Contenu matériel, la matière organique joue un rôle important dans le maintien en vie du parasite.
- Humidité du sol affecte également le développement et la viabilité des agents pathogènes infectieux dans l'environnement externe (Nicolas et *al.*, 2001).

Tableau 2 : Survie des agents pathogènes dans les eaux usées (Nicolas et *al.*, 2001).

Agent pathogène	Temps de survie (jours)			Durée moyenne	Durée maximale	Dose minimale Infectieuse (unité) DMI
	Eaux de surface	Sur les plantes	Sur le sol			
Protozoaires Kystes <i>d'Entamoeba histolytica</i>	< 30 mais souvent < 10	< 10 mais souvent < 2	20 < mais souvent < 10	< 15j	30j	10 ¹ -10 ²
Helminthes Œufs <i>d'Ascaris lumbricoides</i>	Plusieurs mois	< 60 mais souvent < 30	Plusieurs mois	Plusieurs mois	> 1 an	1 -10 ¹

I.8. Traitement des eaux usées

Le traitement de la filière eau passe par les étapes suivantes :



L'objectif principal du traitement est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.

À cet égard, le traitement des eaux résiduaires le plus approprié est celui qui fournit, avec certitude, des effluents de qualité chimique et microbiologique exigée pour un certain usage spécifique, à bas prix et des besoins d'opération et d'entretien minimaux.

Les stations d'épuration des eaux résiduaires, indépendamment du type de traitement, réduisent la charge organique et les solides en suspension et enlèvent les constituants chimiques des eaux usées qui peuvent être toxiques aux récoltes ainsi que les constituants biologiques (microbes pathogènes) qui concernent la santé publique en général (Anonyme c, 2003) (Figure 03).

La dépollution des eaux usées se décompose en quatre étapes :

I.8.1. Le traitement préliminaire : Enlèvement des solides grossiers et d'autres grands fragments de l'eau usée brute, déchets volumineux (dégrillage), tamisage ou micro tamisage, sable (dessablage) et corps gras (dégraissage, déshuilage) (Anonyme c, 2003).

I.8.2. Le traitement primaire : Enlèvement des solides organiques et inorganiques sédimentsables ainsi que les matériaux flottants (Anonyme c, 2003).

Les procédés de traitement primaire sont physiques (par exemple, décantation plus ou moins poussée) ou éventuellement physico-chimiques, et produisent des boues primaires (Vaillant, 1974).

I.8.3. Le traitement secondaire : Enlèvement des matières organiques solubles et des matières en suspension des eaux usées traitées primaires (Anonyme c, 2003).

Les procédés d'épuration secondaire (ou biologique) comprennent des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées. Dans certains cas, un traitement faisant intervenir des microorganismes anaérobies (digestion anaérobie des boues résiduaires) est annexé au traitement secondaire (Desjardins, 1997).

I.8.4. Le traitement tertiaire et/ou avancé : Enlèvement de constituants spécifiques de l'eau usée tels que les nutriments et les métaux lourds, qui ne sont pas enlevés par le traitement secondaire.

Ce sont des traitements complémentaires, dénommés parfois traitements avancés (coagulation physico-chimique, filtration sur sable, chloration, ozonation, traitement par le charbon actif, etc.) (Edline, 1996).

La désinfection, habituellement avec du chlore, est employée pour réduire les constituants microbiologiques (Anonyme d, 2002).

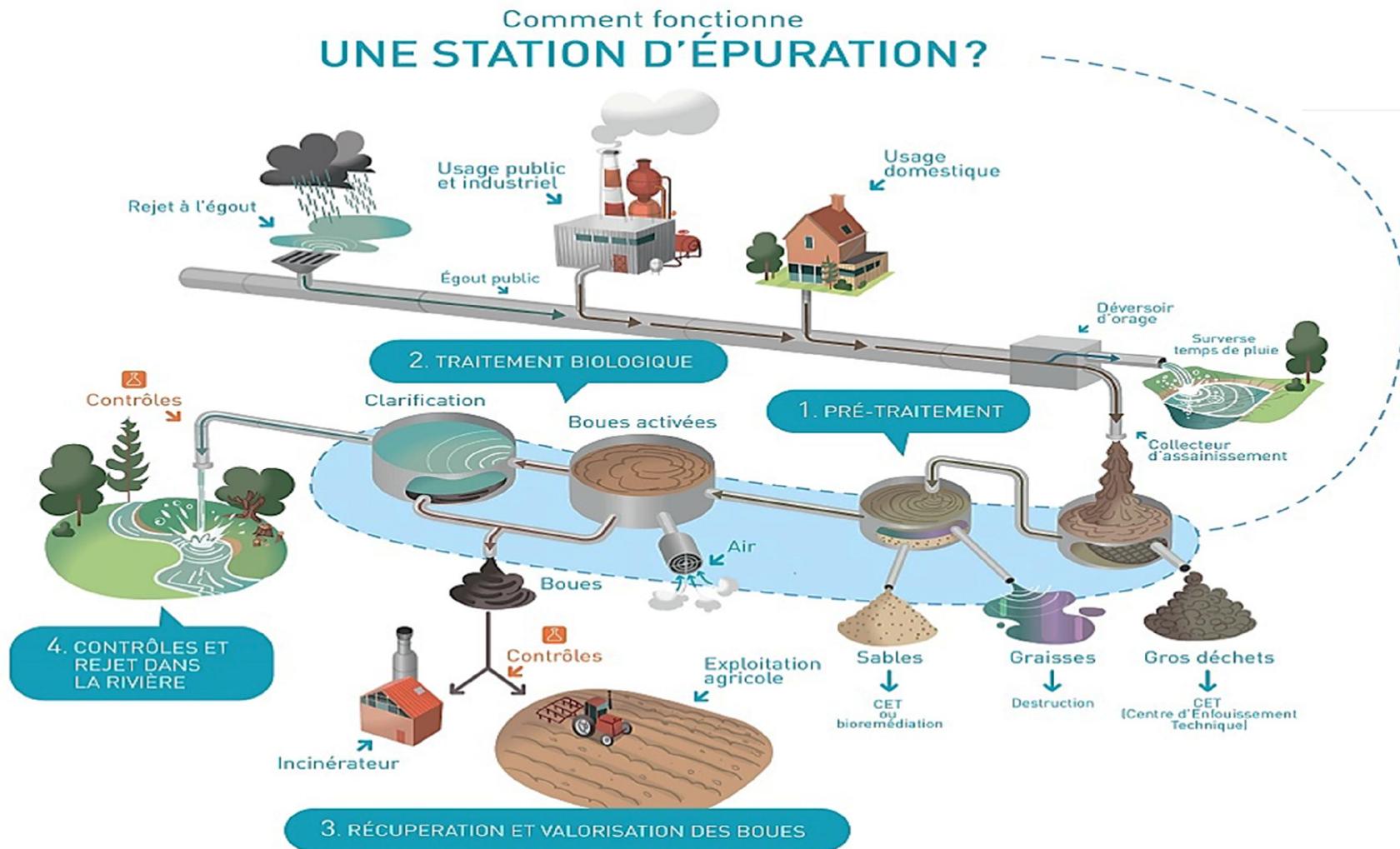


Figure 3. Les différents procédés d'épuration des eaux usées (physiques, chimiques, biologiques...) (site web 3).

Chapitre 02

Les parasites intestinaux

II. Les parasites intestinaux

Le rejet des eaux usées brutes peut être à l'origine des maladies liées au péril fécales. Ce sont toutes les maladies (parasitaires, bactériennes ou virales) transmises par les matières fécales c'est à dire les excréments humains. Ce sont des maladies contagieuses à transmission interhumaine. (Billaudel et Aubineau, 1999 ; Pommepuy, 2001).

II.1. Rappel sur les parasitoses intestinales

Le tube digestif de l'être humain, et précisément l'intestin, peut être colonisé par diverses espèces parasitaires. Qu'il s'agit de protozoaire ou d'helminthe (Figure 04).

Ces parasites digestifs occupent une situation stratégique au sein de l'hôte qui leur apporte un substrat nutritionnel régulier et assure la pérennité de leur cycle de transmission, essentiellement lié au péril fécal. En plus, la plupart de ces parasites intestinaux ont un rôle pathogène, ce qui justifie leur prise en charge préventive et thérapeutique (Bouchaud et Aumaître, 1999).

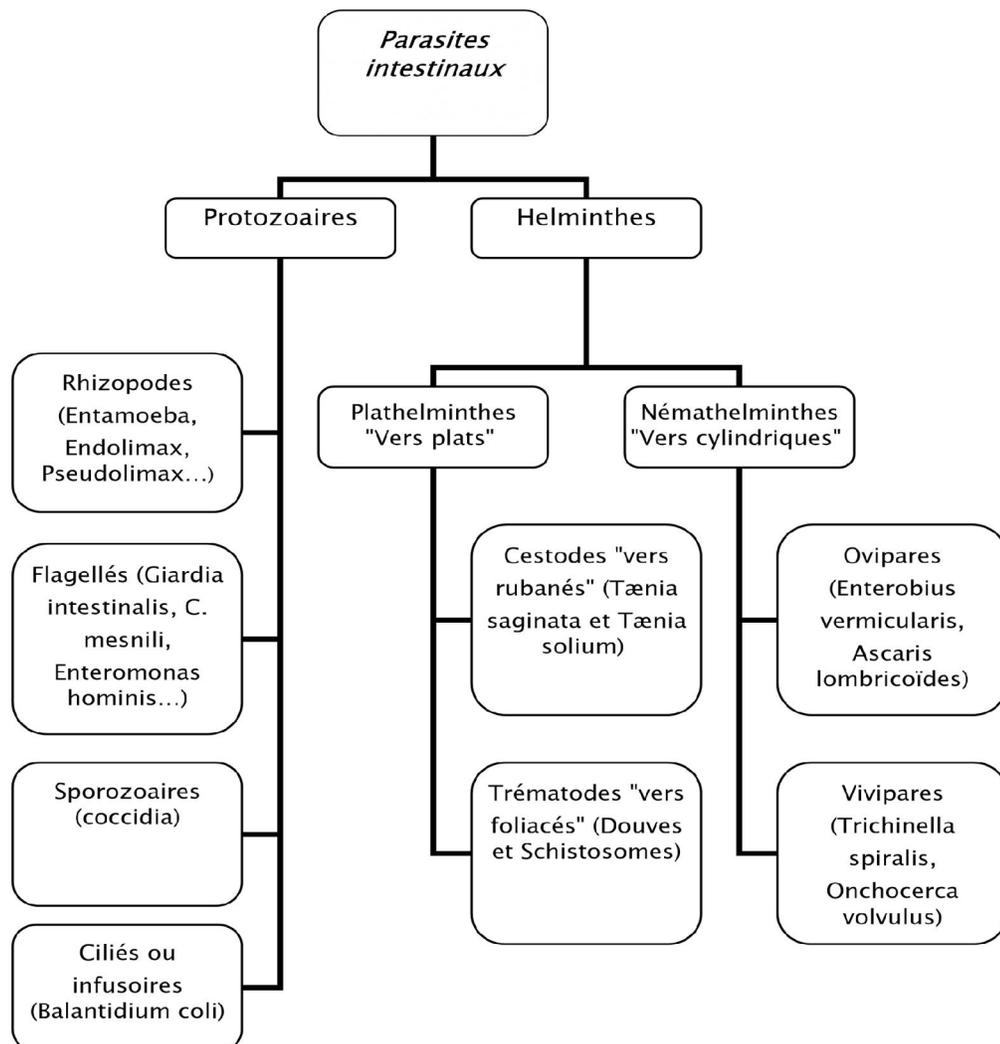


Figure 4. Classification zoologique des parasites intestinaux (Bouchaud et Aumaître, 1999).

II.2. Classification des parasites intestinaux

II.2.1. Les protozoaires intestinaux

Ce sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries (taille comprise entre 1 et 200 μm), et éliminés par voie fécale. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte.

Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance dans le milieu extérieur, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées (Baumont et *al.*, 2004). Ils sont souvent rencontrés dans les eaux douces et les eaux marines où ils se nourrissent de matière organique ou de bactéries. (Asano, 1998). Il est considéré que seulement 10 à 30 kystes forment une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires.

Parmi les pathogènes pour l'homme, nous distinguons :

- Les flagellés qui, après les bactéries, sont responsables de la dégradation d'une grande partie des matières organiques de l'eau. Nous pouvons citer comme exemple, les *Giardia* qui sont à l'origine de douleurs abdominales chez l'adulte et de symptômes diarrhéiques chez l'enfant. *Giardia* présente une forme trophozoïte et une forme kystique. La forme kystique assure la dissémination de la maladie (Janssens et Gentilini., 1995).
- Les rhizopodes, qui comportent un grand nombre d'espèces pathogènes, dont les amibes (ex : *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne) (Asano., 1998).
- Les sporozoaires, dont *Cryptosporidium* responsables de diarrhées liquides profuses accompagnées de douleurs abdominales, vomissements et fièvres. La transmission s'effectue *via* la forme kystique, très robuste, présente dans l'environnement par excrétion de fèces d'un individu infecté (Gillet et *al.*, 2008).

II.2.2. Les helminthes intestinaux

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³œufs/l. Il faut citer, notamment, *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata* (Anonyme e, 1995).

Il peut s'agir de vers plats (plathelminthes), ou ronds (némathelminthes), qui comprennent de nombreuses formes de parasites souvent à l'origine de maladie très graves. Ce sont pour la plupart, des vers intestinaux, rejetés avec les matières fécales animales ou humaines (souvent sous

forme d'œufs très résistants). La contamination se fait par voie digestive lors de l'absorption d'eau contaminée par des œufs ou des larves, ou alors par voie transcutanée c'est à dire, par fixation puis pénétration de larves à travers la peau.

Les principaux groupes sont :

- Les cestodes (vers à aspect rubané), dont *Taenia solium* (ou ver solitaire), et *Dibothricephalus latus*, tous deux parasites de l'intestin humain.
- Les Trématodes (vers à aspect foliacé), dont *Fasciola hepatica* de la famille des douves, parasite du foie de l'homme et des ruminants, qui se développe dans l'eau sous forme de larves ciliées, ou encore les espèces appartenant à la famille des bilharzies (du genre *Schistosoma*), à l'origine de nombreux cas de bilharziose à travers le monde entier (surtout en Afrique, en Asie, et en Amérique du Sud).
- Les Nématodes (vers ronds), parmi lesquels, *Ascaris lumbricoïde*, fréquemment retrouvé dans l'intestin grêle de l'homme et du porc en Extrême Orient et plus généralement dans les pays tropicaux, après ingestion d'eau contaminée. Il est responsable de troubles digestifs (Gillet et *al.*, 2008).

Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs (Faby et Brissaud., 1997). Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées (Baumont et *al.*, 2004).

Le tableau 3 regroupe les principaux protozoaires et helminthes que l'on trouve dans les eaux usées, avec les pathologies qui leur sont associées, éventuellement le nombre moyen de parasites que l'on trouve dans un litre d'eau usée et la voie de contamination principale du pathogène.

Tableau 3. Les parasites pathogènes dans les eaux usées (Asano, 1998 ; site web 4)

Organisme	Symptômes, maladie	Nombre pour un litre	Voies de contamination principales
Protozoaires			
<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
<i>Giardia lamblia</i>	Diarrhée, malabsorption	125 à 100 000	Ingestion
<i>Balantidium coli</i>	Diarrhée bénigne, ulcère du colon	28-52	Ingestion
<i>Cryptosporidium</i>	Diarrhée	0,3 à 122	Ingestion
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose : ganglions, faible fièvre		Inhalation / Ingestion
<i>Cyclospora</i>	Diarrhée, légère fièvre, perte de poids		Ingestion
<i>Microsporidium</i>	Diarrhée		Ingestion
Helminthes			
<i>Ascaris</i>	Ascariadiase : diarrhée, troubles nerveux	5 à 111	Ingestion
<i>Ancylostoma</i>	Anémie	6 à 188	Ingestion /Cutanée
<i>Necator</i>	Anémie		Cutanée
<i>Tænia</i>	Diarrhée, douleurs musculaires		Ingestion de viande mal cuite
<i>Trichuris</i>	Diarrhée, douleur abdominale	10 à 41	Ingestion
<i>Toxocora</i>	Fièvre, douleur abdominale		Ingestion
<i>Strongyloïdes</i>	Diarrhée, douleur abdominale, nausée		Cutanée
<i>Hymenolepis</i>	Nervosité, troubles digestifs, anorexie		Ingestion

II.3. Mode de contamination

Les parasitoses du tube digestif sont intimement liées au péril fécal. Ce fléau, dû à la dissémination incontrôlée des déjections humaines contenant œufs et kystes, afflige les pays en voie de développement. La chaîne naturelle du péril fécal met en jeu plusieurs éléments entre le réservoir de parasite et les hommes : aliments, mains, mouches, sol, eau.

Par contact direct avec les eaux usées, qui peuvent contenir des formes libres de parasites d'origine humaine ou animale, La transmission se fait alors par voie oro-fécale, cas des Amibes et des Giardia ou par voie transcutanée et pénétrer dans l'organisme, mode adopté par les Anguillules

et les Schistosomes (Bouchaud et Aumaître, 1999). Compte tenu de la complexité de la biologie des agents pathogènes et de leur mode de transmission, la contamination de l'Homme peut avoir lieu dans diverses circonstances (Figure 5) (site web 5).

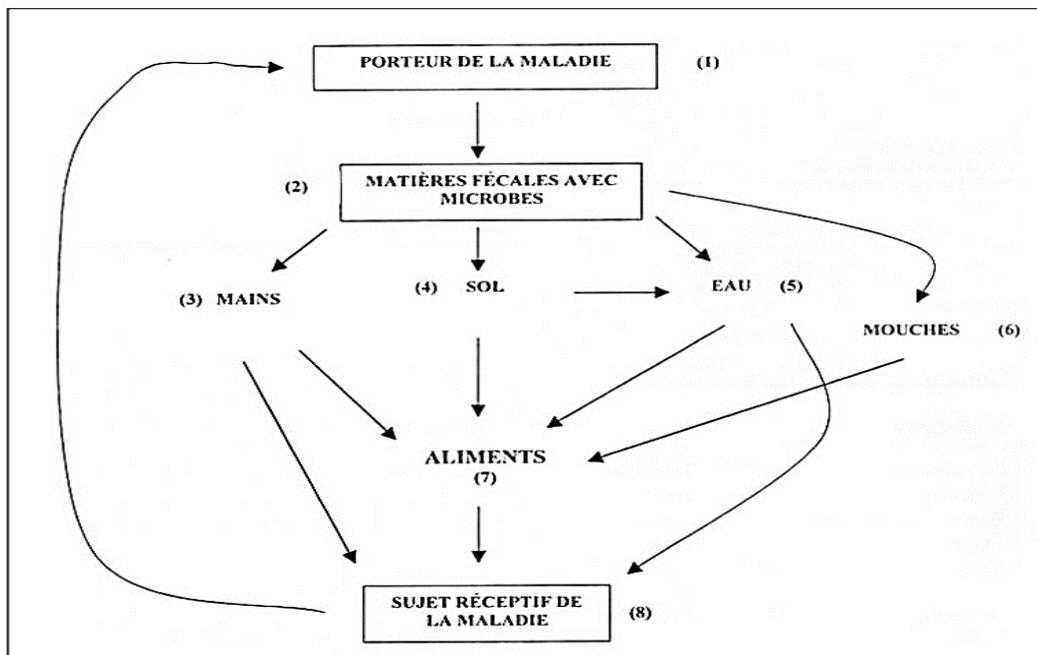


Figure 5. Cycle de transmission des maladies liées au péril fécal (site web 5).

(1) : C'est le porteur du parasite. Il peut être malade ou porteur sain, il fait ses besoins comme chacun de nous.

(2) : Ses matières fécales contiennent les parasites qui vont se disperser dans la nature

(3) : Sur les mains

(4) : Sur le sol

(5) : Dans l'eau qui devient « eau sale » (non potable) soit directement, soit parce qu'elle a été souillée par le sol

(6) : et les mouches avec leurs pattes qui vont sur les excréments.

(7) : tout cela risque de contaminer les aliments, les repas préparés avec les « mains sales », la cuisine faite avec de l'eau sale, les aliments salis par le sol ou par les mouches.

(8) : sujet réceptif mange ses aliments sales mais peut aussi boire de l'eau sale ou manger avec ses mains sales, ce qui conduit à avaler quelques particules de matières fécales, ainsi soit il devient malade ou porteur sain. Il s'agit d'une contamination de proche en proche.

Réservoir du parasite: L'eau ou le sol, il constitue alors un hôte intermédiaire. Les aliments, les mains sales et les mouches sont autant de réservoirs du parasite.

Mode de contamination : C'est une contamination par voie orale, la transmission est alors féco-orale

Chapitre 03

Matériel et méthodes

III.1. Les régions d'études

Notre étude analytique concerne dix études sur la qualité parasitologie des eaux usées, les différentes régions de ces études et leurs sites de prélèvement sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 04. Les régions des différentes études et leurs sites de prélèvement.

Etude	Auteurs	Régions et sites de prélèvement	Coordonnées
1	Alouni (1993)	Tunisie (Tunis : Charguia, Choutrana Gammarth, lRadèa + Gafsa) : eaux d'entrée et eaux épurées de cinq stations d'épuration	Tunis : 36° 47' 51" Nord, 10° 09' 57" Est Gafsa : 34° 25' Nord, 8° 47' Est
2	Bouhoum et al. (1997)	Maroc (Marrakech): le parcours d'un canal alimenté par un émissaire d'eau usée non traitée	Marrakech : 31° 37' 46" Nord, 7° 58' 52" Ouest
3	Alouini (1998)	Tunis (Charguia) : un cycle de la station d'épuration à Charguia	Charguia : 36° 50' 39" Nord, 10° 12' 24" Est
4	El Guamri et Belghyti (2006)	Maroc (la ville de Kénitra) : trois collecteurs des villes rejetées dans l'estuaire du Sebou	Kénitra : 34° 15' 00" Nord, 6° 35' 00" Ouest
5	Khalil et al. (2007)	Maroc (la ville de Khouribga) : entrée et sortie de la station pilote de type lagunage	Khouribga : 32° 53' 00" Nord, 6° 54' 00" Ouest
6	Talouizte et al. (2007)	Maroc (la ville de Fès) : Cinq sites de prélèvement le long de l'oued Sebou après rejet des eaux usées de la ville	Fès : 34° 03' 00" Nord, 4° 58' 59" Ouest
7	Mouqerassou (2010)	Littoral de Rebat : quatre émissaires de prélèvements	Rebat : 34° 01' 31" Nord, 6° 50' 10" Ouest
8	Cisse et al. (2011)	Côte d'Ivoire (District d'Abidjan) : Quatre points de prélèvement du collecteur « Gouro » traversant les communes d'Abobo, Adjamé et Cocody	District d'Abidjan : 5° 20' 11" Nord, 4° 01' 36" Ouest
9	Akpo et al. (2013)	Sénégal (Dakar : Cambérène) : les eaux usées domestiques collectées à l'entrée à la fin de la de la station d'épuration de Cambérène	Cambérène : 14° 46' 15" Nord, 17° 25' 51" Ouest
10	Frah et Bouzad (2018)	Algérie (Ain Defla) : eau usée brute et épurée de la station d'épuration des eaux usées de l'office national d'assainissement	Ain Defla : 36° 15' 55" Nord, 1° 58' 13" Est

Les différentes régions appartiennent à des zones climatiquement différentes (Figure 6), il s'agit de :

- **Zones tempérées** où les températures ne sont pas extrêmes (**Rabat ; Kénitra ; Fès ; Ain Defla ; Tunis : Charguia, Choutrana Gammarth, IRadèa**) ;
- **Zones tropicales** (**Marrakech ; Khouribga**) dont le climat non aride où la température moyenne mensuelle ne descend pas en dessous de 18 °C tout au long de l'année, elles sont transversé par des climats arides (**Gafsa**) ;
- **Zones subéquatoriale** caractérisé par un régime climatique **est** chaud et humide dont les caractères sont proches de ceux de l'équateur (**Dakar : Cambérène**) ;
- **Zones équatoriale** caractérise par une seule saison, de fortes précipitations ainsi qu'une température élevée et constante toute l'année (**District d'Abidjan**) (site web 6).



Figure 06. Localisation géographique des différentes régions d'études analysées (site web 7 modifié).

III.2. Méthodes de travail

III.2.1. Techniques d'échantillonnage

Selon les études analysées (Alouini., 1993 ; Bouhoum et *al.*, 1997 ; Alouini., 1998 ; El Guamri et Belghyti., 2006 ; Khalil et *al.*, 2007 ; Talouizte et *al.*, 2007 ; Mouqerassou., 2010 ; Cisse et *al.*, 2011 ; Akpo et *al.*, 2013 ; Frah et Bouzad., 2018), les prélèvements des eaux usées sont effectués généralement à heure fixe et jour fixe. A chaque échantillonnage, de 2 à 10 L d'eaux

usées ont été prélevés par station à l'aide des récipients ou des flacons stériles (PVC). Ces échantillons ont été fixés au formol 10%, étiquetés et acheminés au laboratoire pour les analyses parasitologiques.

Des échantillonnages séquentiels et des prélèvements ponctuels d'eaux usées ont été le plus souvent faits pour apprécier les changements d'heure quotidiens et au cours de la semaine

III.2.2. Méthode de concentration

Il existe de nombreuses techniques qui permettent l'étude et la numération des parasites présents dans les eaux usées. Chacun a ses propres avantages et inconvénients : certains ont un taux de récupération élevé mais s'étendent très longtemps ; Un grand nombre d'autres sont non reproductibles en raison d'un manque de précision suffisante, et leur taux de récupération est indéterminé ; les autres nécessitent cependant des produits chimiques coûteux ou inadaptés aux laboratoires mal équipés ; D'autres, enfin, ne permettent que la concentration d'un ensemble limité d'espèces. Il est clair qu'il n'y a pas de méthode qui puisse être utilisée partout, tous les œufs d'helminthes médicalement importants (Rachel et Duncan, 1997).

La plupart des études menées sur ces eaux, y compris les articles que nous allons analyser (Bouhoum *et al.*, 1997 ; El Guamri et Belghyti., 2006 ; Mouqerassou., 2010 ; Cisseet *al.*, 2011), reposent sur une seule méthode de concentration permettant l'étude de la qualité de parasites pouvant être présents dans les eaux résiduaires, il s'agit de celle de "BAILANGER modifiée " qui est largement utilisée dans les laboratoires du monde entier

Cette technique d'enrichissement est suivie de l'identification et de la quantification des œufs d'helminthes (Idrissi *et al.*, 2020), fortement recommandée par l'OMS. 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 attractive qu'exercent les deux phases non miscibles acéto-acétique et éther sur les particules hérissées des groupements hydrophiles et lipophiles (Hamaidi *et al.*, 2016).

III.2.2.1. Matériels utilisés

Le matériel utilisé pour la réalisation de cette technique est :

- Des récipients en matière plastique pour la collecte des échantillons ;
- Une centrifugeuse réglable jusqu'à 1000 g ;
- Tubes à centrifuger munis d'un couvercle (de préférence de 50 ml et de 15 ml) ;

- Pipettes Pasteur télines ;
- Lames McMaster pour numération (1 ou 2) ;
- Un agitateur vibrant ;
- Une pompe à main (siphon) ;
- Une éprouvette graduée de 10 ou de 50 ml ou une pipette graduée de 10 ml. (**Rachel, Duncan., 1997**).

III.2.2.2. Réactifs

- Solution de sulfate de zinc (33%, densité 1,18) ;
- Éther (ou acétate d'éthyle) ;
- Tamponacéto-acétique (pH 4,5) (15 g d'acétate de sodium trihydraté, 3,6 ml d'acide acétique glacial, complétés à 1 litre avec de l'eau distillée) ;
- Solution détergente (1 ml de Triton X-100 ou de Tween 80, complété à 1 litre avec de l'eau du robinet) (Rachel et Duncan, 1997).

III.2.2.3. Mode opératoire

La méthode donne de bons résultats avec les eaux usées brutes. Aussi, lorsque l'eau résiduaire est traitée, il faut en utiliser au moins 10 litres pour obtenir un taux raisonnable d'extraction des œufs, surtout lorsque leur nombre est bien moindre.

Les diverses étapes sont les suivantes :

1. Après avoir prélevé un échantillon d'eaux usées de volume connu (5 litres), généralement 1 litre pour l'eau brute ou partiellement traitée et 10 litres pour les effluents entièrement traités.
2. Laisser reposer 1 à 2 heures, selon la taille du contenant. Il est recommandé d'utiliser un récipient cylindrique à dessus ouvert car cela facilite l'élimination du surnageant et permet un rinçage complet.
3. Retirer 90 % du surnageant avec une pompe aspirante ou une pompe à main (siphon)
4. Transférer délicatement le sédiment dans un ou plusieurs tubes à centrifuger, selon le volume, et centrifuger à 1000 g pendant 15 min. N'oubliez pas de rincer soigneusement le récipient avec une solution détergente et d'ajouter le produit de rinçage aux sédiments précédemment collectés
5. 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 centrifuger à 1000 g pendant 15 min.
6. suspendre le culot dans son volume de tampon acéto-acétique à pH 4,5 (c'est-à-dire, si le volume du culot est de 2 ml, ajouter 2 ml de tampon). Cependant, si le volume du culot est inférieur à 2 ml, compléter à 4 ml avec le tampon afin qu'après l'extraction à l'acétate d'éthyle (étapes 7 et 8), il reste suffisamment de tampon sur le culot pour que l'acétate d'éthyle se dissolve. La couche peut être retirée en inclinant le tube sans risque de remettre en suspension le sédiment.
 7. Ajouter deux volumes d'acétate d'éthyle ou d'éther (soit 4 ml dans l'exemple ci-dessus) (Figure 4) et bien mélanger la solution avec un mélangeur vortex vibrant. Vous pouvez également remuer, ce qui est parfaitement acceptable en l'absence d'agitateur mécanique.
 8. Centrifuger à 1000 g pendant 15 min. L'échantillon comprend alors trois phases distinctes. Tous les débris lourds de nature non grasse, y compris les œufs et les larves d'helminthes et les protozoaires, sont collectés dans la couche inférieure. Ci-dessus se trouve le tampon, qui doit être clair. Les graisses et autres ont migré dans l'acétate d'éthyle ou l'éther et forment un bouchon épais de couleur foncée au-dessus de l'échantillon.
 9. Noter le volume du culot contenant les œufs, puis jeter le surnageant restant en une seule fois en inclinant délicatement le tube. Parfois, vous devez commencer par détacher le bouchon gras de la paroi du tube de la centrifugeuse avec une aiguille fine.
 10. Remettre en suspension le culot dans 5 fois son volume de solution de sulfate de zinc (par exemple, pour un culot de 1 ml, ajouter 5 ml de ZnSO₄). Enregistrer le volume du produit final (X ml). Bien mélangé, de préférence à l'aide d'un mélangeur vortex vibrant. Notez qu'un minimum de 1,5 ml est nécessaire pour remplir une lame McMaster à deux cellules.
 11. Prélevez rapidement une fraction avec une pipette Pasteur et placez-la sur une lame McMaster pour l'examen final.
 12. Laisser reposer la lame McMaster remplie sur une surface plane pendant 5 minutes avant de l'examiner. Cela donne le temps à tous les œufs de flotter à la surface.
 13. Placez la lame McMaster sur une platine de microscope et examinez-la à un grossissement de 10x ou 40x. Comptez tous les œufs visibles dans le micromètre dans chaque cellule de la lame McMaster. Pour plus de précision, répétez le comptage sur deux lames, ou de préférence trois, et notez le nombre moyen trouvé.
 14. Calculer le nombre d'œufs par litre à l'aide de la formule ci-dessous:

$$N = AX/PV$$

Où:

N = nombre d'œufs par litre d'échantillon

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

X = volume du produit final (ml)

P = Contenance de la lame McMaster (0,3 ml)

V = volume de l'échantillon initial (litres).

- Ne pas oublier que, si l'on utilise une lame McMaster à une seule cellule, **P** = 0,15 ml (Rachel et Duncan., 1997).

III.2.3. D'autres méthodes de concentration

D'autre technique qui ont été approuvées par certaines études (Bouhoum et *al.*, 1997 ; Khalil et *al.*, 2007 ; Talouizte et *al.*, 2007 ; Akpo et *al.*, 2013 ; Frah et Bouzad., 2018). Ce sont des méthodes qui assurent la séparation des éléments parasitaires par l'une des deux grandes méthodes suivantes: celles de flottation dans une solution de densité élevée, qui assure la séparation des parasites des débris, et celle de sédimentation dans un tampon non miscible alors que les matières grasses ou le reste des débris forment un anneau dans une solution interphasique (en principe de l'éther ou de l'acétate d'éthyle) (Tableau 5) (Rachel et Duncan, 1997).

Tableau 5. Autres techniques trouvées dans certains articles.

Auteur	Méthodes	Les caractéristiques de la méthode
Frah et Bouzad (2018)	la méthode par flottation (la méthode de Willis) (Viviane, 2007).	Elle repose sur le principe de l'utilisation d'un liquide très dense qui fait flotter les éléments parasites à la surface. Cette technologie se caractérise par sa simplicité de mise en œuvre, sa rapidité et son faible coût (eau chlorurée sodique) (Viviane, 2007).
Talouizte et <i>al.</i> (2007)	Technique de Faust	Cette technique permet de la recherche des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires. Faust consiste en une dilution directe du culot obtenu après centrifugation à 1500 rpm pendant 1 à 2 minutes dans une solution de sulfate de zinc à 33% (densité 1,18). Nous avons ensuite utilisé une pipette pour retirer la couche de surface surnageant où les parasites

		ont été trouvés, étalés sur des lames de Malassez pour identification et comptés (Rodier, 1996)
Akpo et <i>al.</i> , (2013)	Arther-Fitzgerald-Fox, décrite dans le manuel de l'OMS (Ayres et Mara., 1998)	Cette technique repose sur la différence de densité entre le liquide de dilution et les éléments parasites jusqu'à ce que les poches et les œufs flottent, puis le culot obtenu est mixé avec un même volume d'une solution de détergent anionique (SDS à 10 %), pour éliminer le surnageant de la solution concentrée. SCHEATER
Bouhoum et <i>al.</i> (1997) ; Khalil et <i>al.</i> , (2007)	Protozoaires: Technique Téléman-Rivas	La technique de Téléman-Rivas est utilisée pour la recherche des kystes et des oocystes de Protozoaires : L'échantillon est dilué dans le tampon acéto-acétique, un volume égal d'éther est ajouté ; le culot est remis en suspension avec une solution de saccharose saturée, le dénombrement des kystes et un frottis sur lame est préparé et coloré par une solution de fuchsine phéniquée de Ziehl pour la mise en évidence des oocystes.
Khalil et <i>al.</i> , (2007)	Helminthes: méthode combinée (Stein et Schwartzbrod, 1986)	La recherche s'effectue de manière combinée (Stien et Schwartzbrod, 1986). Le culot est trituré directement dans le tampon acéto-acétique avec une dilution, Un volume égal d'éther est ajouté puis repris par une solution de thiosulfate de sodium à 88% ; La couche superficielle est prélevée, puis placée sur la lame de Mac Master pour le dénombrement des œufs d'helminthes retrouvés.
Bouhoum et <i>al.</i> , (1997)	Teleman-Rivas modifiée par Bailenger + coloration au lugol	Pour la recherche des œufs d'helminthes, le culot de centrifugation est additionné d'une solution saturée de saccharose pour permettre aux œufs d'adhérer à la lamelle de la cellule de Mac Master et faciliter ainsi leur comptage pour la recherche des kystes de protozoaires, une coloration au Lugol.

Chapitre 04

Résultats

Afin de mieux présenter les résultats obtenus dans les articles concernés par l'étude théorique que nous allons réaliser (Alouini., 1993 ; Bouhoum et *al*, 1997 ; Alouini., 1998 ; El Guamri et Belghyti., 2006 ; Khalil et *al*, 2007 ; Talouizte et *al*, 2007 ; Mouqerassou., 2010 ; CISSE et *al*, 2011 ; Akpo et *al*, 2013 ; Frah et Bouzad., 2018), nous avons décidé d'adopter une division appropriée pour faciliter leur compréhension et leur interprétation par la suite. Nous avons vu donc d'exposer d'abord les résultats de la charge parasitaire des espèces présents dans l'eau non traitée, puis dans un deuxième temps nous avons résumé les valeurs des concentrations en parasites pour l'eau traitée.

Toute étude renferme des stations de prélèvement des eaux résiduaire avant et après traitement doit être incluses dans les deux parties en respectant la nature d'eau.

VI.1. Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute

La figure 7 résume les valeurs concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) rencontrées dans les eaux usées brute des différentes études analysées. On remarque que la charge parasitaire varie de 520 à 160000 kystes/L pour les protozoaires pour les études qui prennent en considération ce groupe des parasites tandis que la valeur de la concentration en œufs d'helminthes passe de 22,5 œufs/L à 49400 œufs/L pour toutes les études concernées. La valeur maximale pour les protozoaires est enregistrée avec l'étude 2 c'est celle de Bouhoum et *al*, (1997) menée à Marrakech alors que le taux le plus élevé des œufs d'helminthes est noté avec l'étude de Khalil et *al*, 2007 faite à Khouribga.

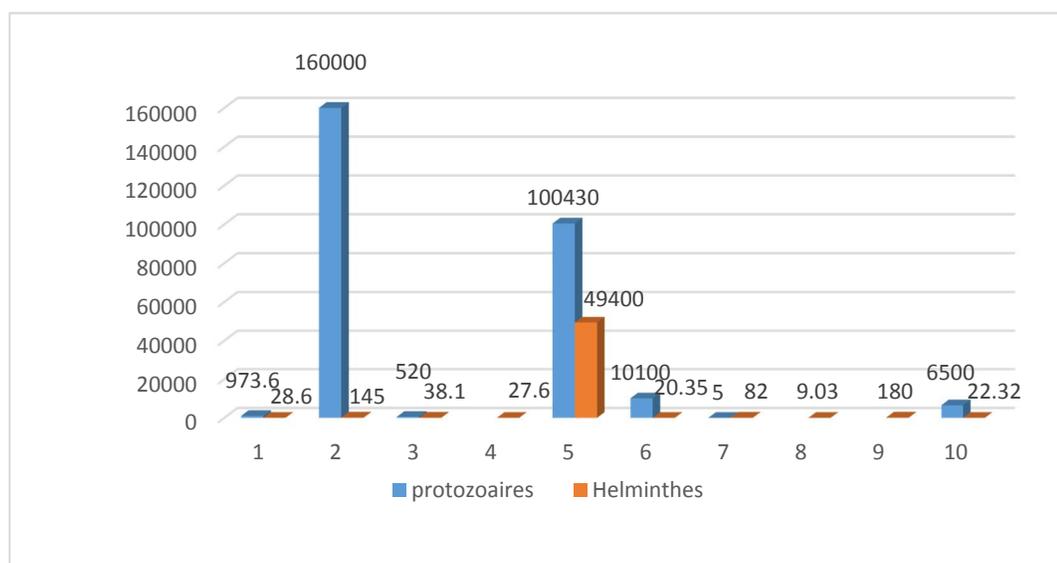


Figure 7. Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute.

VI.1.1. La première étude : elle est menée par Alouini. (1993) à l'entrée de cinq stations d'épuration en Tunisie, il est enregistré une charge totale en kystes de protozoaires (*Giardia spp*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*) des cinq stations est de 973,6 kystes /L (Figure 7). Quant aux taxons parasite déterminés : (Figure 8) :

- Station Charguia : 370 kystes /L,
- Station Choutrana : 300 kystes /L,
- Station Gammarth : 756 kystes /L,
- Station Rades : 712 kystes /L,
- Station Gafsa : 2730 kystes /L),

Alors que la concentration dans l'eau brute en œufs d'Helminthes (*Ascaris*, *Hymenolepis nana*, *Oxyure*, *Trichuris* observé dans une seule Station Gafsa) des cinq stations est de 28,6 œufs/L (Figure 6).

- Station Charguia : 21 œufs /L,
- Station Choutrana : 31 œufs /L,
- Station Gammarth : 35 œufs /L,
- Station Rades : 6 œufs /L,
- Station Gafsa : 50 œufs /L) (Figure 7).

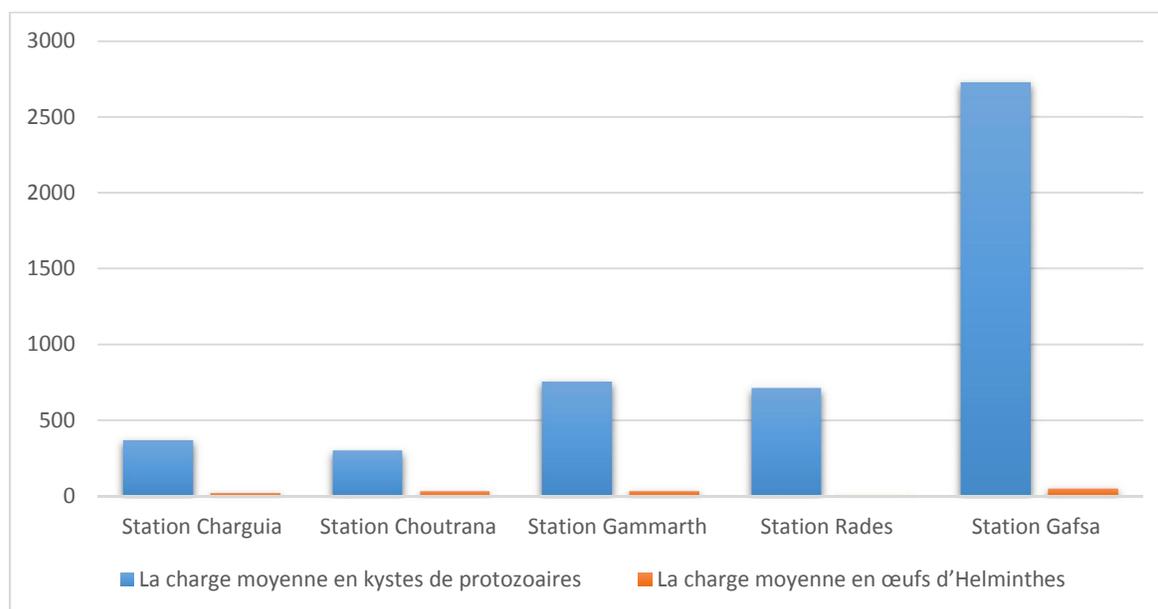


Figure 8. Concentrations moyenne en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute des cinq stations d'épuration en Tunisie (Alouini, 1993).

VI.1.2. La deuxième étude : Cette étude est réalisée par Bouhoum *et al.*, (1997) où une étude de la charge parasitaire des eaux usées non traitées dans le parcours d'un canal à ciel ouvert alimenté par les eaux usées de Marrakech (Maroc) a révélé une charge totale en kystes de protozoaires de $1,6.10^5$ kystes /L. la concentration dans l'eau brute en œufs d'Helminthes est de 145 œufs /L (Figure 7). Concernant les espèces mises en évidence on a (Figure 9) :

- *Giardia sp* a une concentration de $4,3.10^4$ kystes /L ;
- *Entamoeba coli* a une concentration de $4,8.10^4$ kystes /L ;
- *Entamoeba histolytica* a une concentration de $3,7.10^4$ kystes /L ;
- Nématodes leur concentration est de 104,8 œufs /L, ils sont représentés par : *Ascaris* (75,6 œufs/L), *Entarobius* (18,4 œufs/L), *Trichuris* (10,8 œufs/L);
- Cestodes avec une concentration de 40,2 œufs /L : *Hymenolepis* (29,2 œufs/L), *Moniezia* (11 œufs/L).

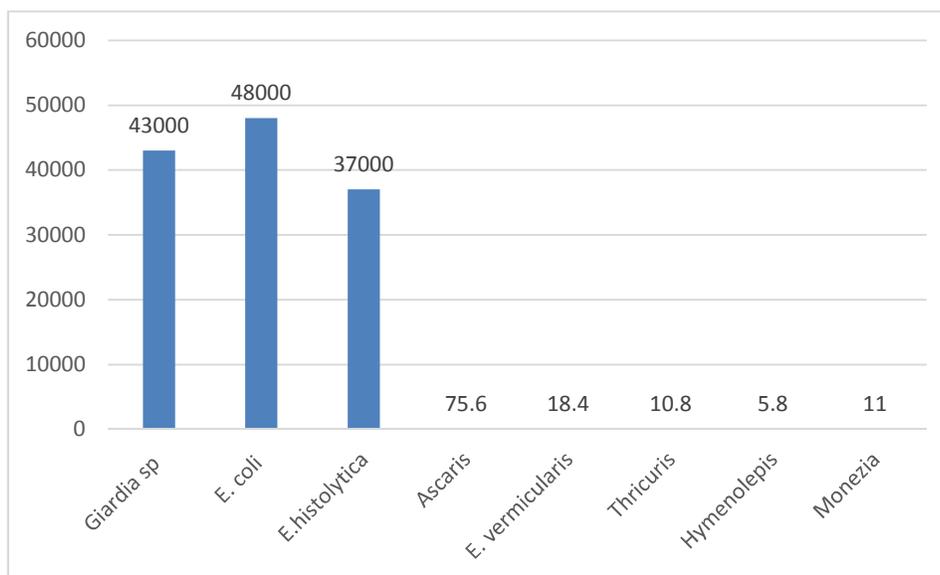


Figure 9. Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute du canal à ciel (Bouhoum *et al.*, 1997).

VI.1.3. La troisième étude : Selon les analyses effectuées par Alouini. (1998) à l'entrée de la station Cherguia (Tunis), la charge parasitaire est de $5,2.10^2$ kystes /L pour les protozoaires dans l'eau brute alors que la concentration des œufs d'helminthes est égale à 38,1 œufs /L (Figure 7). A propos des espèces mentionnées on a (Figure 10) :

- *Giardia spp* à une concentration de $2,1.10^2$ kystes /L ;
- *Entamoeba coli* a une concentration de $2,3.10^2$ kystes /L ;

- *Entamoeba histolytica* a une concentration de $0,8 \cdot 10^2$ kystes /L ;
- *Ascaris* a une concentration de 26,4 œufs /L ;
- *Hymenolepis nana* a une concentration de 4 œufs /L ;
- *Oxyure* a une concentration de 7,7œufs /L.

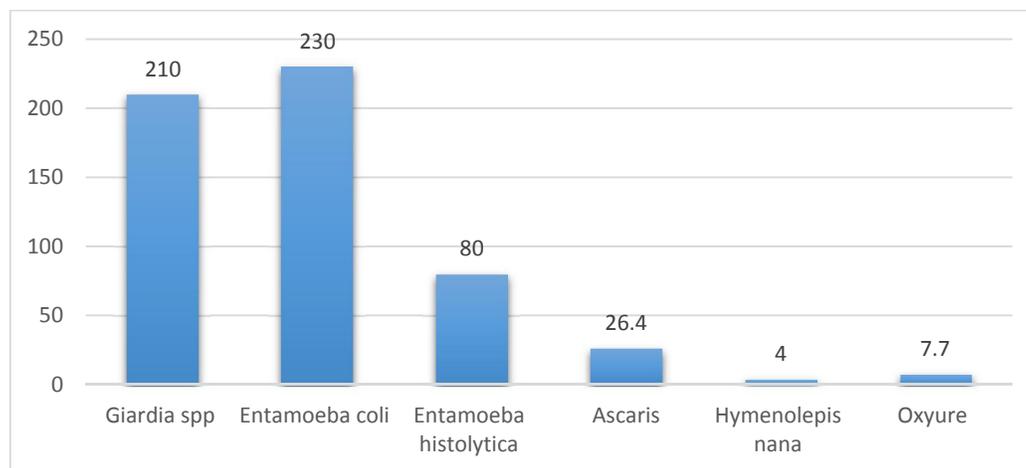


Figure 10. Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d’Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute de la station Cherguia (Tunis) selon Alouini, (1998).

VI.1.4. La quatrième étude : qui est menée par El Guamri et Belghyti. (2006), le suivi parasitologie des eaux usées brutes des collecteurs urbains A, B et C de la ville de Kénitra (Maroc) montre qu’elles sont contaminées par les œufs d’helminthes parasites avec une concentration moyenne de 27,6 œufs/L. Ces œufs sont répartis entre deux classes : les œufs de Nématodes et les œufs de Cestodes avec des concentrations moyennes respectives de 21,56 œufs/L et 6,11 œufs/L. La concentration moyenne en œufs de Strongles digestifs est de l’ordre de 14,35 œufs/L (Figure 7). De plus les concentrations moyennes des espèces d’Helminthes observées dans l’eau brute (Figure 11) sont:

- *Ascaris sp* à une concentration de 13,68 œufs/L ;
- *Trichuris sp* à une concentration de 3,84 œufs/L ;
- *Enterobius vermicularis* à une concentration de 0,60 œufs/L ; (Il n’a pas été trouvé dans la station A).
- *Ankylostome sp* à une concentration de 2,51 œufs/L ; (Il n’a pas été trouvé dans la station A).
- *Nematodirus sp* à une concentration de 0,88 œufs/L ; (Il n’a pas été trouvé dans la station A).
- *Hymenolepis nana* à une concentration de 1,96 œufs/L ;
- *Moniezia expansa* à une concentration de 2,46 œuf/L ;

– *Taenia sp* a une concentration de 1,81 œufs/L.

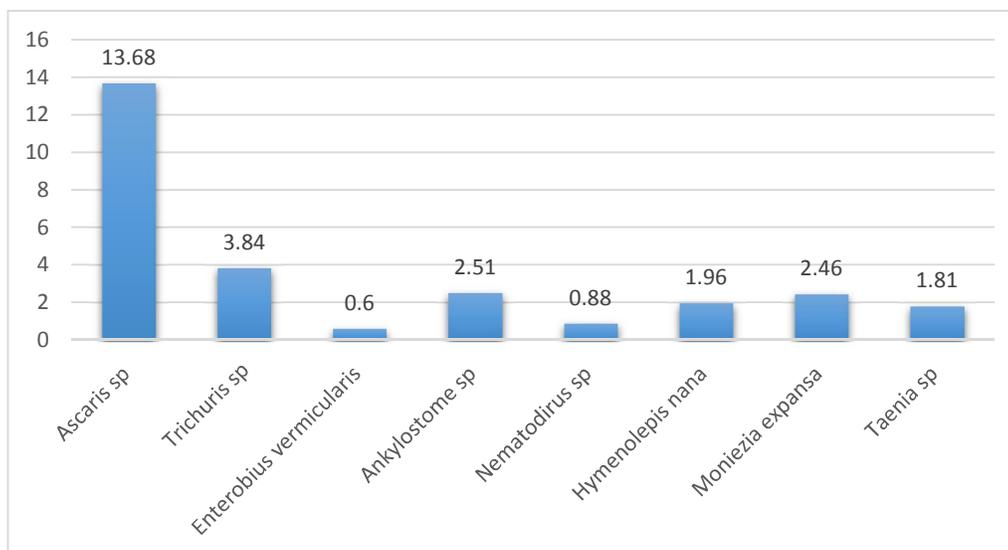


Figure 11. Concentrations moyennes en œufs d’Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute des collecteurs urbains de la ville de Kénitra selon El Guamri et Belghyti., (2006).

VI.1.5. La cinquième étude : Il s’agit des travaux effectués par Khalil et *al.* (2007) où un suivi de la charge parasitaire des eaux usées non traitées à l’entrée d’une station pilote de type lagunage à Khouribga (Maroc) a révélé une charge totale en kystes de protozoaires de $9,49.10^4$ kystes /L. Les oocystes de *Cryptosporidium parvum*, sont présents à une concentration de $55,3. 10^2$ oocystes /L. La concentration dans l’eau brute en œufs d’Helminthes est de $4,94.10^4$ œufs /L (Figure 7). Quant aux espèces rencontrées on a (Figure 12) :

- *Giardia intestinalis* a une concentration de 550.10^2 kystes /L ;
- *Entamoeba coli* a une concentration de $266,6.10^2$ kystes /L ;
- *Entamoeba histolytica* a une concentration de $133,3.10^2$ kystes /L ;
- *Cryptosporidium parvum* a une concentration de $55,3.10^2$ oocystes /L ;
- *Ascaris lumbricoides* a une concentration de $286,1.10^2$ œufs /L ;
- *Toxocara cati* a une concentration de $83,3.10^2$ œufs /L ;
- *Toxocara canis* a une concentration de $49,95.10^2$ œufs /L ;
- *Enterobius vermicularis* a une concentration de $16,65.10^2$ œufs /L ;
- *Hymenolepis nana* a une concentration de $16,65.10^2$ œufs /L ;
- *Taeniaspa* une concentration de $41,6.10^2$ œufs /L.

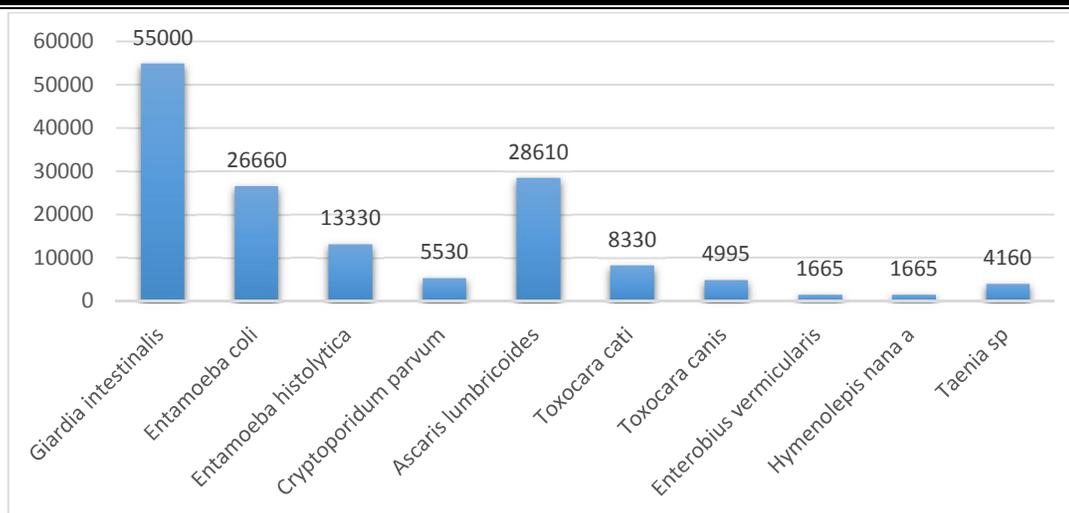


Figure 12. Concentrations moyennes en kystes (kysts/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d’Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute à Khouribga (Maroc) selon Khalil et *al.*, (2007).

VI.1.6. La sixième étude : Les résultats des analyses parasitologiques des eaux usées brutes obtenus par Talouizte et *al.* (2007) de la ville de Fès (Maroc) sont réutilisées dans l’irrigation des cultures maraîchères, en particulier la laitue, sans aucun traitement préalable. La charge parasitaire est de $10,1 \cdot 10^3$ kystes /L pour les protozoaires dans l’eau brute alors que la concentration des œufs d’helminthes est égale à 20,35 œufs /L (Figure 7). Les espèces des protozoaires et les helminthes contenus dans ces eaux usées brutes sont (Figure 13) :

- *Entamoeba histolytica* a une concentration de $5 \cdot 10^3$ kystes /L ;
- *Entamoeba coli* a une concentration de $3,9 \cdot 10^3$ kystes /L ;
- *Giardia lamblia* a une concentration de $1,2 \cdot 10^3$ kystes /L ;
- *Ascaris sp* à une concentration de 5 œufs/L ;
- *Ankylostomaspa* une concentration de 1,7 œufs/L ;
- *Trichuris sp* à une concentration de 2,1 œufs/L ;
- *Strongiloide ssp* à une concentration de 11,35 œufs/L ;
- *Taenia sp* à une concentration de 0,2 œufs/L ;

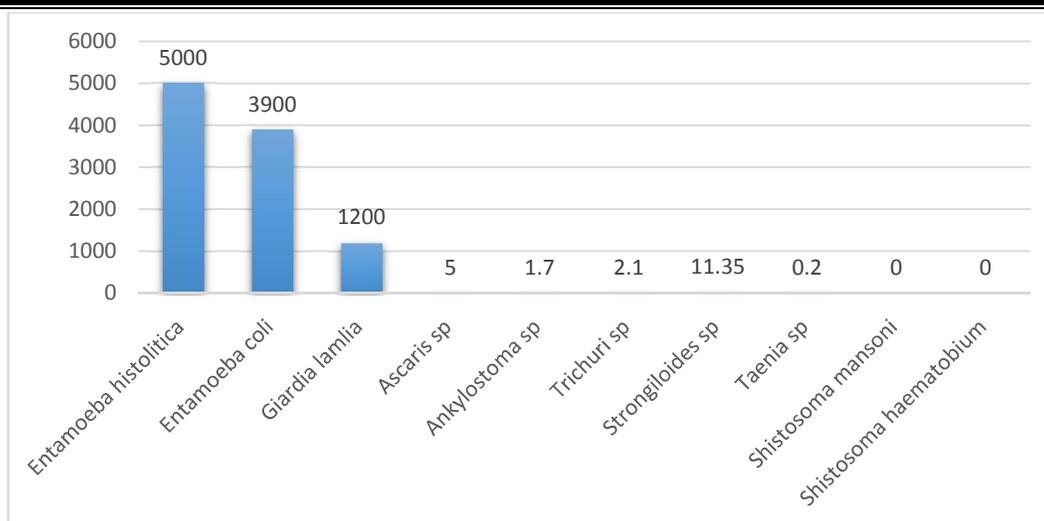


Figure 13. Concentrations moyennes en kystes (kysts/L) de protozoaires et les œufs d’Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées de la ville de Fès brute selon Talouizte et *al.* (2007).

VI.1.7. La septième étude : Les analyses effectuées par Mouqerassou (2010) de différents émissaires des eaux usées brute du littoral de rabat (Maroc) enregistrent une charge moyenne en kystes de protozoaires de 5 kysts /L (Figure 6) (quatre stations de prélèvement : Station Hay Fath: 1 kysts /L, Station de l’Océan: 2 kysts /L, Station Yaâcoub El Mansour : 2 kysts /L, Station de l’Abattoir : 0 kysts /L) alors que la concentration en œufs d’Helminthes dans ces eaux brutes est de 82 œufs /L (Figure 7) (Station Hay Fath: 50 kysts /L, Station de l’Océan: 8 kysts /L, Station Yaâcoub El Mansour : 12 kysts /L, Station de l’Abattoir : 12 kysts /L) (Figure 7):

6 genres parasites ont été identifiés dans les échantillons de ces émissaires qui sont (Figure 14):

- *Entamoeba coli* 1.25 kyste/L;
- *Strongyloïdes* larves 11.25/L ;
- *Rhabditoïdes* 3 larves/L;
- *Ankylostome* 1.25 adulte/L;
- *Ankylostome* 2.5 œufs/L;
- *Trichostongylus* 0.5 œufs/L;
- *Fasciola hepatica* 1.5 œufs/L;
- *Dicrocoelium dendriticum* 0.5 œuf/L

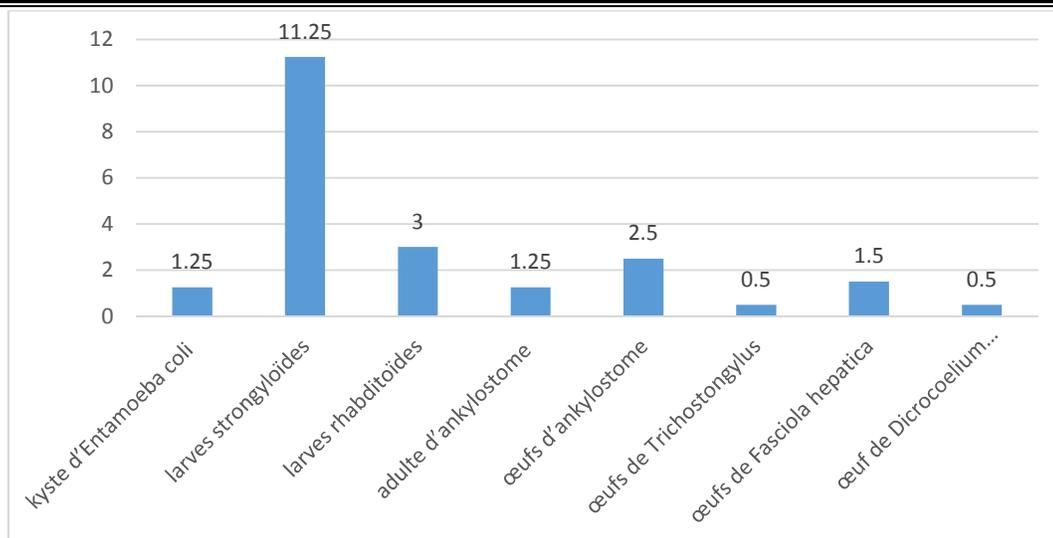


Figure 14. La moyenne des 4 stations de prélèvement en Rabat (Maroc) selon Mouqerassou., (2010).

VI.1.8. La huitième étude : L'étude de Cisse et *al.* (2011) a révélé dans quatre stations d'échantillonnage du collecteur « Gouro » traversant les communes d'Abobo, Adjamé et Cocody (District d'Abidjan Ville en Côte d'Ivoire) durant cinq mois. Dix taxons appartenant aux classes des nématodes, cestodes et trématodes ont été observés. La charge parasitaire des helminthes est comprise entre 4,04 et 14,02 œufs/L (Moy = 9,03 œufs/L) (Figure 7 et 15):

Les parasites rencontrés sont dominés par les Nématodes qui représentent plus de 77% (6,95 œufs/L) de la composition, ils sont représentés par : *Ascaris lumbricoides*, *Capillaria sp*, *Enterobius vermicularis*, *Necator americanus*, *Strongyloides sp*, *Trichuris trichiura*, et *Trichostrongylus sp*, puis suivis des Cestodes (0 à 22,5%=20,12%, 1,81 œufs/L) avec deux taxons : *Hymenolepis nana* et de *Tænia sp*. Et des Trématodes avec 2,88% (0,26 œufs/L) dont la seule espèce est *Schistosoma mansoni* (Figure16):

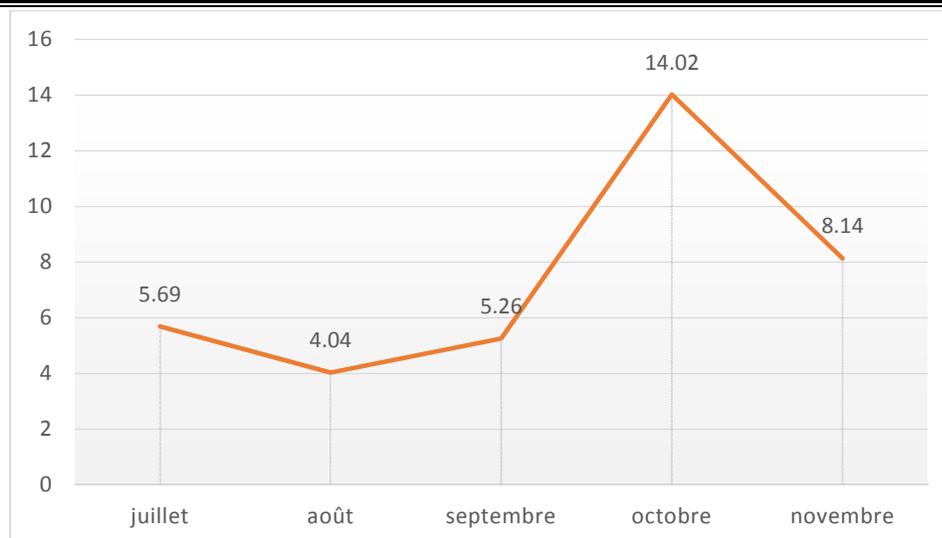


Figure 15. Charge parasitaire trouvée dans les eaux usées brute au niveau des quatre stations d'échantillonnage du collecteur « Gouro » selon CISSE et *al.* (2011).

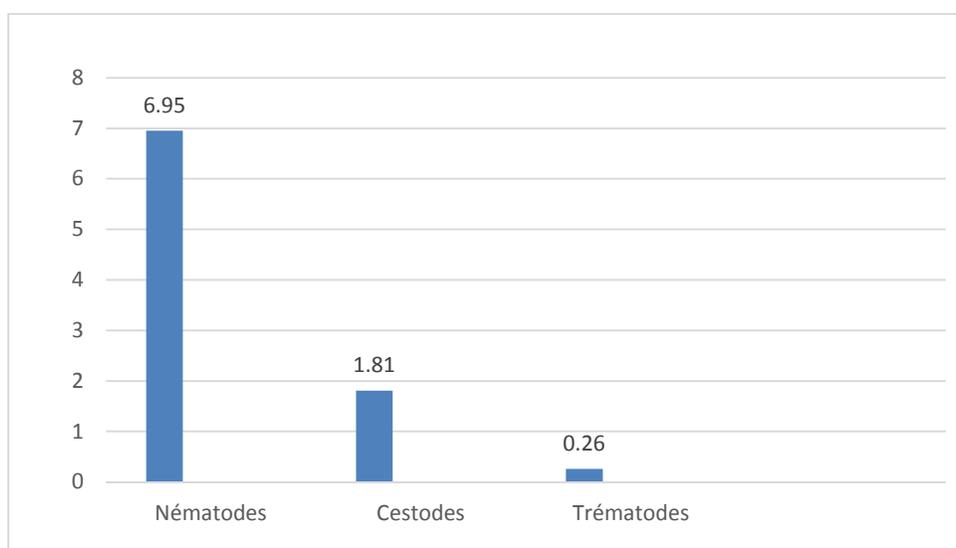


Figure 16. Charge parasitaire trouvée dans les eaux usées brute au niveau des quatre stations d'échantillonnage du collecteur « Gouro » selon CISSE et *al.* (2011).

VI.1.9. La neuvième étude : Les résultats obtenus par l'étude d'Akpo et *al.* (2013) à la station d'épuration de Cambérène (Dakar) est limitée seulement aux Helminthes représenté par l'*Ascaris*, *Stongyloides*, *Enterobius*, *trichuris*, *Ankylostoma*, *Hymenolepis*, leur concentration globale dans l'eau brute est de 180 œufs /L (Figure 7 et 17):

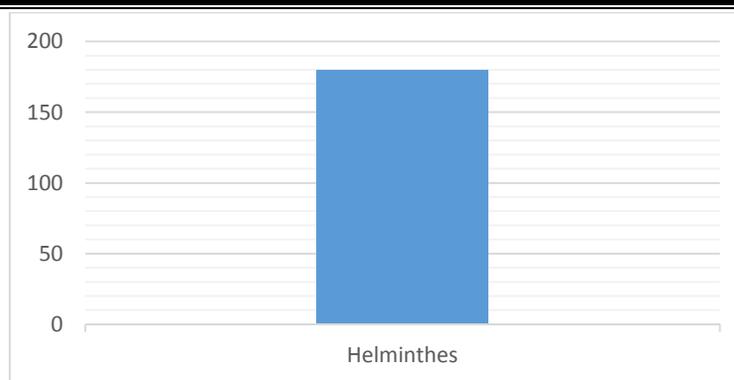


Figure 17. Concentrations moyennes en œufs d’Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute de Cambérène (Dakar) selon Akpo et *al.* (2013).

VI.1.10. La dixième étude : Cette étude est réalisée par Frah et Bouzad (2018) au niveau de la station d’épuration des eaux usées de l’office national d’assainissement à Ain Defla (Algérie), ils ont révélé une charge parasitaire dans l’eau brute de $6,5.10^3$ kystes /L pour les protozoaires alors que la concentration des œufs d’helminthes est égale à 22,32 œufs /L (Figure 7). Si en détaillant ces concentrations selon les espèces signalées on peut remarquer que (Figure 18) :

- *Giardia lamblia* a une concentration de $3,7.10^3$ kystes /L ;
- *Entamoeba coli* a une concentration de $1,6.10^3$ kystes /L ;
- *Entamoeba histolytica* a une concentration de $1,2.10^3$ kystes /L ;
- *Ascaris sp.* à une concentration de 12,9 œufs /L ;
- *Strongiloides sp.* à une concentration de 5,14 œufs /L ;
- *Trichuri spp.* à une concentration de 3,22 œufs /L ;
- *Ankylostoma sp.* à une concentration de 1,06 œufs /L ;

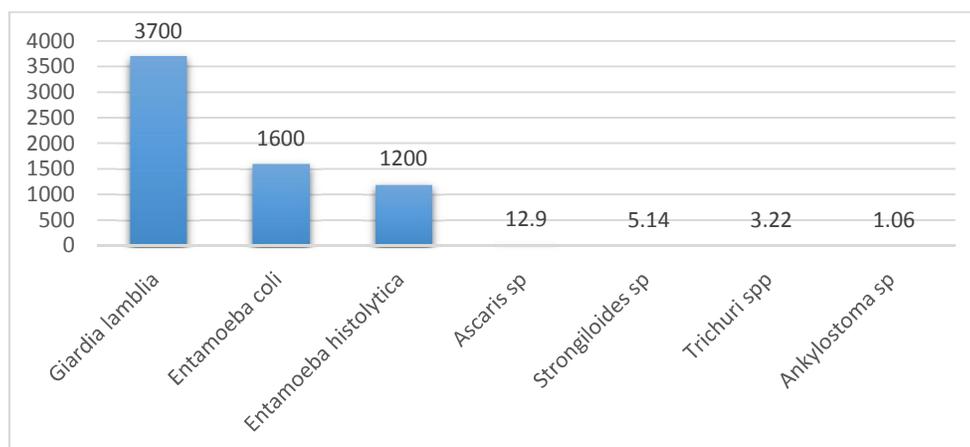


Figure 18. Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), de protozoaires et les œufs d’Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées brute à Ain Defla (Algérie) selon Frah et Bouzad (2018).

Les études analysées montrent que le groupe parasitaire le plus représenté est celui des protozoaires dont l'espèce dominante est *Giardia sp*, il est suivi par les nématodes dont l'espèce la plus fréquente est l'*Ascaris sp*. Alors que les cestodes et les trématodes sont faiblement rencontrés (Tableau 6 et 7).

Tableau 6. Les protozoaires contenus dans les eaux usées brutes des différentes études analysées.

	Protozoaires			
	Flagellés	Rhizopodes		Sporozoaires
	<i>Giardia intestinalis</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Entamoeba coli</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>
Alouni (1993)	++++			
Bouhoum et al. (1997)	++++	++++	++++	-
Alouini (1998)	+++	++	+++	-
El Guamri et Belghyti (2006)	/	/	/	/
Khalil et al. (2007)	++++	++++	++++	++++
Talouizte et al. (2007)	++++	++++	++++	-
Mouqerassou (2010)	-	-	+	-
Cisse et al. (2011)	/	/	/	/
Akpo et al. (2013)	/	/	/	/
Frah et Bouzad (2018)	++++	++++	++++	-

*- Absence, + charge parasitaire faible :] 0-10] K /L, ++ charge parasitaire moyenne : 10-100 K/L, +++ charge parasitaire élevée : 100-1000 K /L, ++++ charge parasitaire très élevée : plus de 1000 K/L.

Tableau 7. Les protozoaires et les helminthes contenus dans les eaux usées brutes des différentes études analysées : **As** : *Ascaris sp*, **To** : *Toxocara (cati ; canis)*, **En** : *Enterobius vermicularis*, **Hn** : *Hymenolepis nana*, **Ta** : *Taenia sp*, **Tr** : *Trichuris sp*, **St** : *Strongyloides sp*, **An** : *Ankylostome sp*, **Ne** : *Nematodirus sp*, **Mo** : *Moniezia expansa*, **Fh** : *Fasciola hepatica*, **Di** : *Dicrocoelium dendriticum*, **Sh** : *Shistosoma (mansoni)*, **Rh** : *Rhabditoides*, **Th** : *Trichostrongulus sp*,

	Helminthes														
	Nématodes									Cestodes			Trématodes		
	As	To	En	Tr	St	An	Ne	Rh	Th	Hn	Ta	Mo	Fh	Di	Sh
Alouni (1993)	+++														
Bouhoum et al. (1997)	+++									++		++	-		
Alouini (1998)	++	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
El Guamri et Belghyti (2006)	++	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-
Khalil et al. (2007)	++++	++++	++++	-	-	-	-	-	-	++++	++++	-	-	-	-
Talouizte et al. (2007)	+	-	-	+	++	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Mouqerassou (2010)	-	-	-	-	++	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-
Cisse et al. (2011)	+									+	+		-	-	+
Akpo et al. (2013)	+++														
Frah et Bouzad (2018)	++	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*- Absence, + charge parasitaire faible :] 0-10] O/L, ++ charge parasitaire moyenne : 10-100 O/L, +++ charge parasitaire élevée : 100-1000 O/L, ++++ charge parasitaire très élevée : plus de 1000 O/L.

VI.2. Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées

L'épuration concerne seulement les études d'Alouini (1993), Bouhoum *et al.* (1997), Alouini (1998), Khalil *et al.* (2007), Akpo *et al.* (2013), Frah et Bouzad (2018). Les différents types d'épuration mentionnés dans ces études sont réalisés soit au niveau des stations d'épuration de type biologique (boues activées ou lagunage naturel) (Alouini, 1993 ; Alouini, 1998 ; Khalil *et al.*, 2007 ; Akpo *et al.*, 2013) soit par autoépuration dans un canal à ciel ouvert (Bouhoum *et al.*, 1997), soit expérimentalement à l'aide des grains de Moringa pour évaluer l'effet antibactérien et antiparasitaire des graines de *Moringa oleifera* dans le domaine de traitement des eaux usées (Frah et Bouzad, 2018).

La figure 19 illustre les valeurs concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) rencontrés dans les eaux usées clarifiées des mêmes études analysées précédemment. On remarque que la charge parasitaire des protozoaires est majoritairement faible, elle varie de 0 à 27000 kystes/L par contre la valeur de la concentration en œufs d'helminthes est dans la plupart des études nulle (0 œufs/L), elle atteint une valeur maximale égale à 2490 œufs/L. Les concentrations maximales sont marquées avec les mêmes études tel qu'il est avant épuration, ainsi les eaux usées épurées de Marrakech (étude 2) sont les plus chargées en kystes des protozoaires alors que les eaux usées épurées de Khouribga (étude 5) sont les plus chargées en œufs d'helminthes.

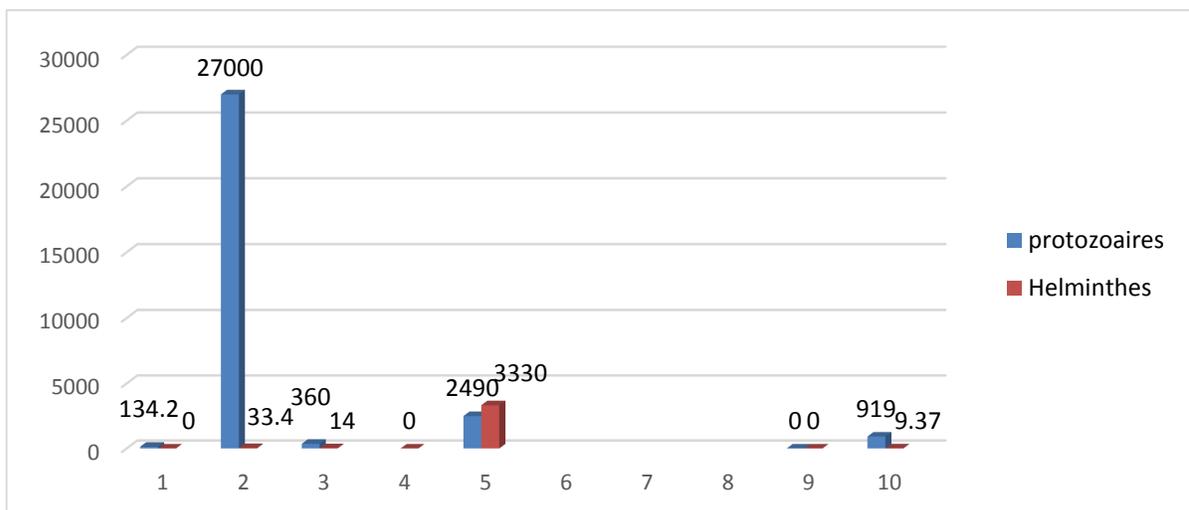


Figure 19. Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de Protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées.

VI.2.1. La première étude : elle est menée par Alouini (1993) : Selon les analyses effectuées par Alouini (1993) à la sortie des cinq stations d'épuration en Tunisie la charge totale en kystes de protozoaires des cinq stations est de 134,2 kystes /L (*Giardia spp*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*) (Figure 20), elle se diffère au sein de ces stations :

- Station Charguia : 67 kystes /L ;
- Station Choutrana : 81 kystes /L ;
- Station Gammarth : 0 kystes /L ;
- Station Rades : 13 kystes /L ;
- Station Gafsa : 510 kystes /L.

Alors que la concentration en œufs d'Helminthes dans l'eau usée épurée de ces cinq stations est nulle (0 œufs /L) (*Ascaris*, *Hymenolepis nana*, *Oxyure*, *Trichuris*) (Figure 19) à savoir (Figure 20):

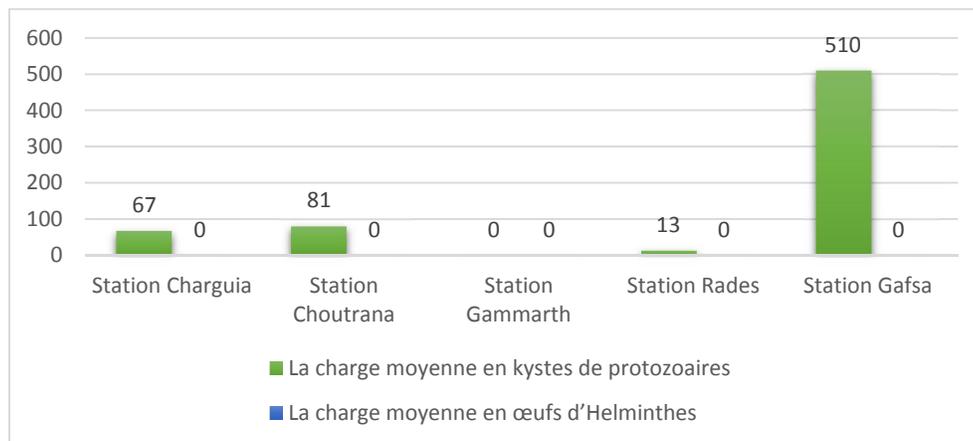


Figure 20. Concentrations moyennes en kystes (kystes/L) de Protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées selon Alouini (1993).

VI.2.2. La deuxième étude : Cette étude menée par Bouhoum et *al.* (1997) où un suivi de la charge parasitaire des eaux usées auto-épurées au cours d'un canal à ciel ouvert alimenté par les eaux usées de Marrakech (Maroc) a révélé une charge moyenne en kystes de protozoaires de $2,7.10^4$ kystes /L (Figure 19). La concentration dans cette eau en œufs d'Helminthes est de 33,4 œufs /L. Quant aux espèces mentionnées on a (Figure 21) :

- *Giardia sp* a une concentration de $0,6.10^4$ kystes /L ;
- *Entamoeba coli* a une concentration de $1,2.10^4$ kystes /L ;
- *Entamoeba histolytica* a une concentration de $0,4.10^4$ kystes /L ;

- Nématodes (*Ascaris*: 11,6 œuf/L, *Entarobius*, *Trichuri*) ont une concentration de 41,92 œuf/L ;
- Cestodes (*Hymenolepis* : 5,8 œuf/L, *Moniezia*) ont une concentration de 24,12 œuf/L.

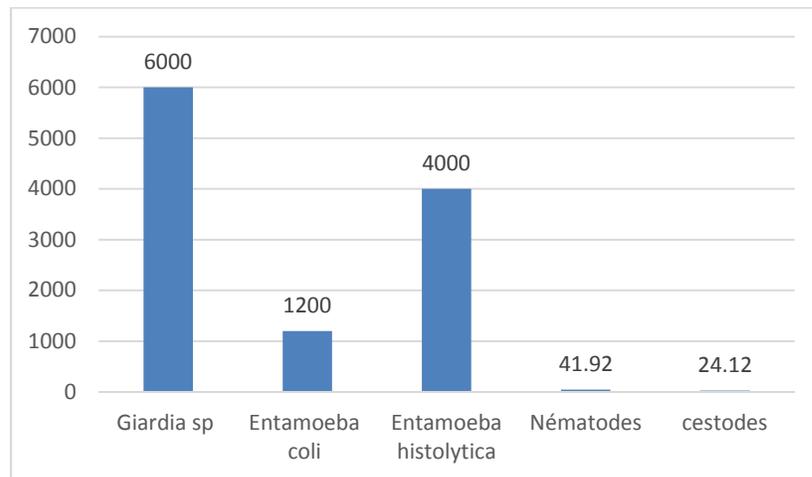


Figure 21. Concentrations moyennes en kystes (kystes/L) de Protozoaires et les œufs d’Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées selon Bouhoum et *al.* (1997).

VI.2.3. La troisième étude : C’est une étude faite à la station Cherguia (Tunis) par Alouini (1998) dont la charge parasitaire dans l’eau usée épurées est diminuée à $3,6.10^2$ kystes /L pour les protozoaires alors que la concentration des œufs d’helminthes est égale à 14 œufs /L (Figure 19). Concernant les espèces rencontrées on a (Figure 22) :

- *Giardia spp* a une concentration de 4,3 kystes /L ;
- *Entamoeba coli* a une concentration de 5,7 kystes /L ;
- *Entamoeba histolytica* a une concentration de 4,3 kystes /L ;
- *Ascaris* a une concentration de 0 œufs /L ;
- *Hymenolepis nana* a une concentration de 0 œufs /L ;
- *Oxyure* a une concentration de 0 œufs /L.

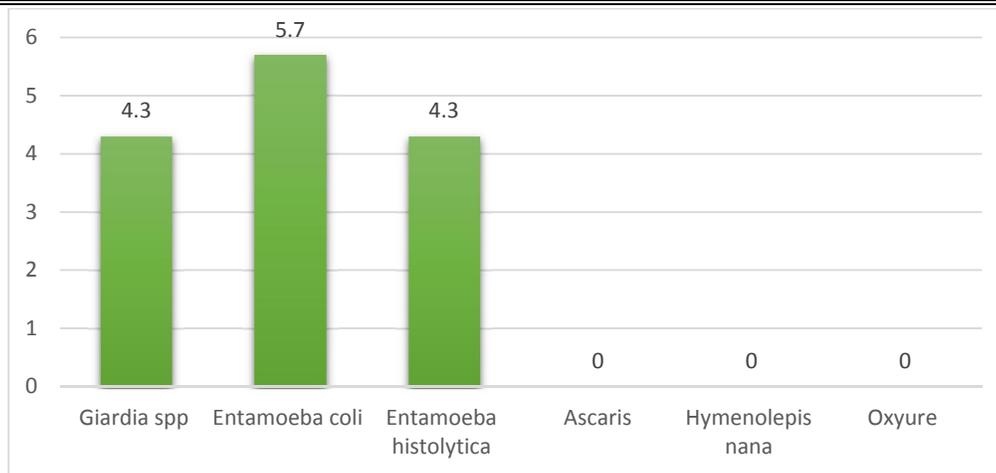


Figure 22. Concentrations moyennes en kystes (kysts/L) de Protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées selon Alouini (1998).

VI.2.4. La quatrième étude : dans ce travail mené par El Guamri et Belghyti (2006), le suivi parasitologique est démontré seulement pour les eaux usées brutes des trois collecteurs urbains A, B et C de la ville de Kénitra (Maroc) comme il est démontré précédemment et aucun résultat n'été fait à propos des eaux épurées.

VI.2.5. La cinquième étude : D'après la figure 14, la première étude menée par Khalil et *al.* (2007) où un suivi la charge parasitaire des eaux usées épurées par une station pilote de type lagunage à Khouribga (Maroc) a révélé une charge moyenne en kystes de protozoaires de $0,24.10^4$ kysts/L, la concentration dans l'eau traitées en œufs d'Helminthes est de $0,33.10^4$ œufs /L (Figure 19). Quant aux espèces signalées dans cette études (*Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Cryptosporidium parvum*, *Toxocara cati*, *Toxocaracanis*, *Enterobius vermicularis*, *Hymenolepis nana*, *Taeniasp*) la charge parasitaire est nulle (0œufs /L) à l'exception de (Figure 23) :

- *Giardia intestinalisa* une concentration de $24,9.10^2$ kystes /L ;
- *Ascaris lumbricoidesa* une concentration de $33,3.10^2$ œufs /L ;

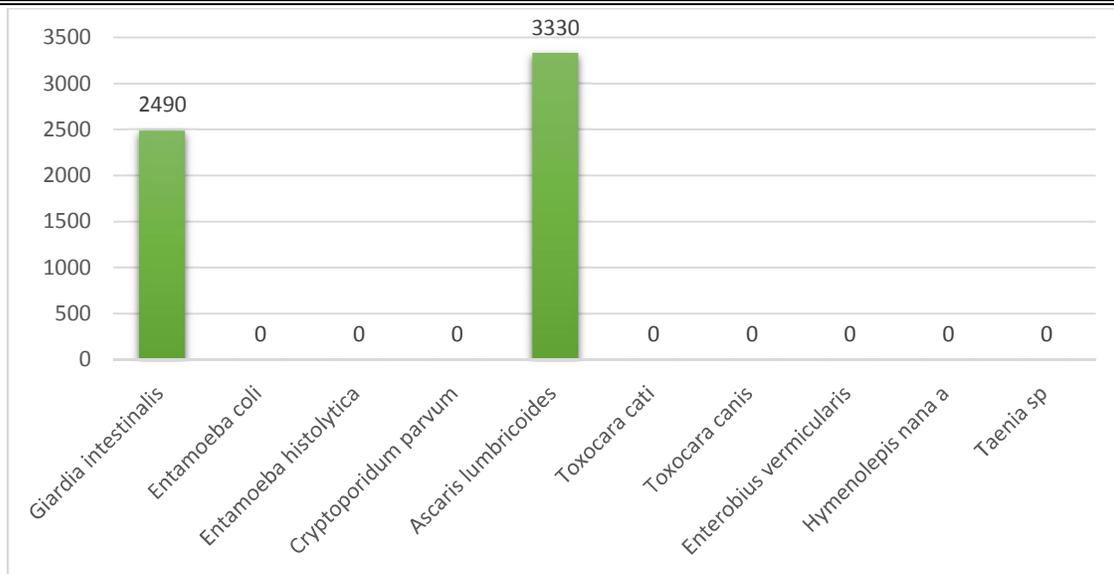


Figure 23. Concentrations moyennes en kystes (kystes/L), oocystes (oocystes/L) de Protozoaires et les œufs d'Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées selon Khalil et *al.* (2007).

VI.2.6. La sixième, septième et huitième étude : les travaux de Talouizte et *al.* (2007), Mouqerassou (2010), Cisse et *al.* (2011) concernent seulement les eaux usées brutes urbaines de la ville de Fès au Maroc, du littoral de rabat, et du collecteur « Gouro » (District d'Abidjan) respectivement.

VI.2.7. La neuvième étude : C'est l'étude Menée à la station d'épuration de Cambérène (Dakar) par Akpo et *al.* (2013) qui concerne seulement les Helminthes, la concentration parasitaire dans l'eau usée traitées en œufs d'Helminthes observées d'avance dans l'eau brute (*Ascaris*, *Stongyloides*, *Enterobius*, *Trichuris*, *Ankylostoma*, *Hymenolepis*) est nulle elle est de 0 œufs /L (Figure 19).

VI.2.8. La dixième étude : Les résultats obtenus par Frah et Bouzad. (2018) dans la station d'épuration des eaux usées de l'office national d'assainissement à Ain Defla (Algérie) pour l'eau usée épurées ont révélé, une charge parasitaire de 919 kystes /L pour les protozoaires alors que la concentration des œufs d'helminthes est égale à 9,37 œufs /L (Figure 19), Quant aux espèces signalées on a (Figure 24) :

- *Giardia lamblia* a une concentration de 209 kystes /L ;
- *Entamoeba coli* a une concentration de 390 kystes /L ;
- *Entamoeba histolytica* a une concentration de 320 kystes /L ;
- *Ascaris spa* une concentration de 6,08 œufs /L ;
- *Strongiloides sp* a une concentration de 2,1 œufs /L ;

- *Trichuris sp* a une concentration de 0,9 œufs /L.
- *Ankylostoma sp* a une concentration de 0,29 œufs/L

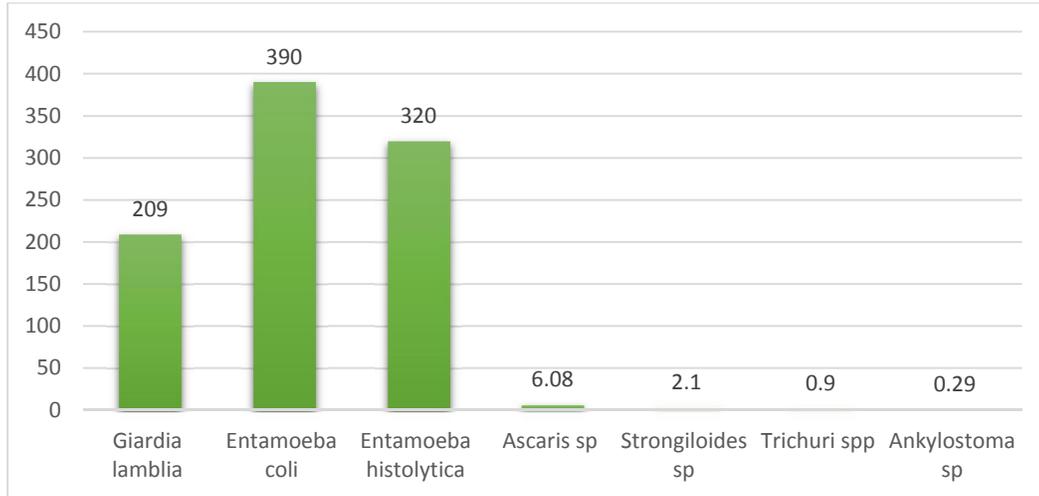


Figure 24. Concentrations moyennes en kystes (kysts/L) de Protozoaires et les œufs d’Helminthes (œufs/L) dans les eaux usées épurées selon Frah et Bouzad (2018).

D’après les mêmes auteurs, l’examen microscopique de l’eau traitée par les graines de *Moringa oleifera* a montré l’altération et la destruction de tous les parasites rencontrés dans les eaux brutes

Comme il est cité précédemment, la qualité parasitologie des eaux usées après épuration concerne seulement les études d’Alouini (1993), Bouhoum et *al.* (1997), Alouini (1998), Khalil et *al.* (2007), Akpo et *al.* (2013), Frah et Bouzad (2018).

Quel que soit la méthode de traitement des eaux usées, ces études indiquent que le taux d’épuration est très important chez les protozoaires, à l’exception de *Cryptosporidium parvum* toutes les espèces rencontrées (*G. intestinalis*, *E. histolytica*, *E. coli*) présentent un taux similaire (76,50%-78,33%) Alors que chez les helminthes ce taux semble varié, il est minimal dans le cas des cestodes (*H. nana* et *Taenia sp*) dont la valeur enregistré est égale à 40% et maximal pour les nématodes : chez *Toxocara cati* et *Toxocara canis* l’épuration est complète (Tableau 8 et 9) :

Tableau 8. Taux d'épuration des protozoaires contenus dans les eaux usées épuré des différentes études analysées (- : espèce non étudiée).

	Protozoaires				moy
	Flagellé	Rhizopodes		Sporozoaires	
	<i>Giardia intestinalis</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Entamoeba coli</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>	
Alouni (1993)	86,22	86,22	86,22	-	86,22
Bouhoum et al. (1997)	98.61	75	88.24	-	87,28
Alouini (1998)	97,95		97,52	94,62	96,69
El Guamri et Belghyti (2006)	/	/	/	/	/
Khalil et al. (2007)	95,47	100	100	100	98,86
Talouizte et al. (2007)	/	/	/	/	/
Mouqerassou (2010)	/	/	/	/	/
Cisse et al. (2011)	/	/	/	/	/
Akpo et al. (2013)	/	/	/	/	/
Frah et Bouzad (2018)	94,35	73,33	75,62	-	81,1
Moyenne	76,50	76,56	78,33	100	82,84

Tableau 9. Taux d'épuration des helminthes contenus dans les eaux usées épuré des différentes études analysées : **As** : *Ascaris lumbricoides*, **To** : *Toxocara (cati ; canis)*, **En** : *Enterobius vermicularis*, **Hn** : *Hymenolepis nana*, **Ta** : *Taenia sp*, **Tr** : *Trichuris sp*, **St** : *Strongyloides sp*, **An** : *Ankylostoma sp*, **Ne** : *Nematodirus sp*, **Mo** : *Moniezia expansa*, **Ox** : *Oxyure*, **Fh** : *Fasciola hepatica*, **Di** : *Dicrocoelium dendriticum*, **Sh** : *Shistosoma (mansoni , haematopium)*, **Rh** : *Rhabditoides*, **Th** : *Trichostrongulus sp*, - : espèce non étudiée.

	Helminthes															moy
	Nématodes									Cestodes			Trématodes			
	As	To	En	Tr	St	An	Ne	Rh	Th	Hn	Ta	Mo	Fh	Di	Sh	
Alouni (1993)	100	-	100	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	100
Bouhoum et al. (1997)	84,65	-	<84,65	<84,65	-	-	-	-	-	80,13	-	<80,13	-	--	-	77
Alouini (1998)	100	-	100	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	100
El Guamri et Belghyti (2006)																
Khalil et al. (2007)	99,88	100	100	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	99,97
Talouizte et al. (2007)																
Mouqerassou (2010)																
Cisse et al. (2011)																
Akpo et al. (2013)	100	-	100	100	100	100	-	-	-	100	-	-	-	-	-	100
Frah et Bouzad (2018)	52,86	-	-	72,04	59,14	81,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66,47
Moyenne	78,58	100	85,2	82,96	79,5	90,93				83	40	40				/

Chapitre 04

Discussion

Après notre étude analytique et la tentative de recherche d'un sens plus large des résultats théoriques et de recherche des résultats appliqués de certains travaux antérieurs réalisés sur la qualité parasitologie des eaux usées, on pourra discuter les résultats des études analysés comme suit :

A travers notre étude, nous constatons la présence d'un grand nombre des taxons parasitaires en termes de qualité et de quantité où il a été trouvé environ 20 espèces parasites à des concentrations très variables. Ces différentes catégories d'organismes appartiennent à deux groupes parasitaires : protozoaires et Helminthes.

Les résultats de ces études ont prouvé que tous les groupes des protozoaires sont rencontrés à savoir : les Flagellés, les Rhizopodes et les Sporozoaires.

Les Flagellés sont les plus représentées avec une seule espèce *Giardia intestinalis* ($0,21.10^3$ - $0,55.10^5$ kystes/L), ils sont suivis par les Rhizopodes dont *Entamoeba coli* ($0,23.10^2$ - $0,48.10^5$ kystes/L) et *Entamoeba histolytica* ($0,8.10^2$ à $0,37.10^5$ kystes /L) sont les seules espèces signalées.

Toutes les études analysées ayant pris en considération l'études des protozoaires (Alouini, 1993 ; Bouhoum et al., 1997 ; Alouini, 1998 ; Khalil et al., 2007 ; Talouizte et al., 2007 ; Mouqerassou., 2010 ; Frah et Bouzad, 2018) ont indiqué la présence de ces espèces à l'exception des Sporozoaires qui sont représentés par *Cryptosporidium parvum* ($55,3.10^2$ oocystes/L), ainsi cette espèce est signalée seulement par Khalil et al. (2007).

Toutes les études analysées montrent également que toutes les classes d'Helminthes ont été également identifiées : Nématodes, Cestodes et Trématodes dont la classe dominante est celle des Nématodes suivie par la classe des Cestodes.

La classe des nématodes est représentée par cinq espèces : *Ascaris sp.*, *Toxocara sp.*, *Nematodirus sp.*, *Trichuris sp.* Parmi ces différentes espèces l'*Ascaris* prend la première place (0 - $0,28.10^5$ œufs/L).

La classe des Cestodes montre l'existence dans les eaux usées de trois espèces : *Hymenolepis sp.*, *Moniezia expansa* et *Taenia sp* dont *Hymenolepis sp.* Est la plus fréquente ($1,96$ - $29,2$ œufs/L).

Enfin la classe des trématodes est représentée seulement par les trois espèces : *Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium dendriticum* qui sont signalés seulement au Maroc par Mouqerassou (2010) et *Shistosoma mansoni*, qui est observé au District d'Abidjan par Cisse et al. (2011), l'espèce majeure de ce groupe parasitaire est *Shistosoma mansoni* ($0,12$ - $3,42$ œufs/L).

Les eaux usées de ces études ont une composition parasitaire généralement similaire mais avec des concentrations variables d'ailleurs les chiffres retrouvés sont très dispersés avec des valeurs extrêmes. De ces résultats, il ressort que la concentration moyenne des protozoaires et des œufs d'helminthes des eaux usées brutes varie de 5-160000 kystes/L et de 22,5 œufs/L à 49400 œufs/L respectivement. D'après Akpo et *al.* (2013), Ceci révèle que ces types des eaux sont très chargés. Ces éléments proviennent essentiellement des matières fécales de l'homme et des animaux. Ainsi, les fortes concentrations observées traduisent le taux d'infestation et du poly parasitisme des populations humaines et animales des régions desservis par le réseau d'égout.

Les résultats de la prédominance des Nématodes sur les autres classes d'helminthes concordent ceux trouvés par Ouarrak et *al.* (2019) dont les Nématodes représentent 66% contre les Cestodes (33%). Selon Alex (2016) cette prédominance est liée au fait que leurs œufs sont plus résistants vis-à-vis des conditions physicochimiques instables et parfois hostiles de l'environnement que ceux des autres classes, ainsi qu'à leur mode de transmission (cycle direct). Elle est liée aussi au fait que leurs ovules ont besoin d'une période de latence de développement et de maturation dans l'environnement avant d'être prêts à être infectieux selon (Nasr et *al.*, 2018).

La charge parasitaire des cestodes qui semble faible est liée notamment au mode de vie des populations en question dont les habitudes culinaires (consommation de la viande) ne favorisent pas la transmission des cestodes (Fan, 1997).

D'après Cisse et *al.* (2011), la rareté des œufs des trématodes pourrait être expliquée par la faible prévalence de Shistosomatose dans le district d'Abidjan, alors que la présence de *Fasciola hepatica* est liée à la coïncidence de la période de l'étude à la présence de cresson sauvage cru, ramassé dans des prés par les herbivores, à la fin de l'été ou en automne En outre *Dicrocoelium dendriticum* son existence dans la même région peut être expliquée par celle du bétail qui pollue par ses matières fécales les plantes et l'eau (Mouqerassou, 2010).

Les différences dans les résultats obtenus par ces études seraient attribuées également au niveau socio-économique des populations, au contexte géographique aride de la région et à l'origine des eaux usées exclusivement domestiques (Khalil et *al.*, 2007), ainsi dans l'étude de El Guamri et Belghyti (2006), les eaux usées drainées par le collecteur (A) présentent une charge en œufs d'helminthes qualitativement et quantitativement très faible par rapport à celles des collecteurs (B) et (C). Ceci trouverait son explication dans la typologie des eaux usées à dominante industrielle. En outre l'étude de la variation mensuelle des parasites dans les eaux résiduaires urbaines drainées dans le collecteur Gouro a montré que la concentration des œufs d'helminthes est élevée pendant les périodes pluvieuses (juillet, octobre et novembre). L'étude de l'OMS (1997)

a signalé que cette abondance en œufs d'helminthes en période Printemps-été est due aux conditions de température, d'humidité, d'oxygène et de rayonnement solaire favorables

La faible teneur de certains taxons parasites s'expliquerait aussi par le non performance des techniques appliquée pour isoler les éléments parasites. Selon Rachel et Duncan (1997), aucune méthode n'assure une concentration identique pour toutes les espèces, seule la méthode de Bailenger, adaptée aux eaux résiduaires, est dans l'ensemble la meilleure : elle assure une bonne concentration pour toutes les espèces habituelles dans les eaux résiduaires.

- **Evaluation du risque sanitaire des eaux usées des différentes études**

D'après les études analysées, la qualité parasitologie des eaux usées destinée à l'irrigation réside principalement dans la recherche des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires. Il ressort de leurs résultats que la charge élevée des agents parasites trouvés (5-160000 kystes/L pour les protozoaires et 22,5-49400 œufs/L pour les helminthes) dépasse le taux réglementaire des eaux d'irrigation donnée par la norme de l'OMS, en fait la concentration en œufs doit être inférieure ou égale à 1 œuf/L (les protozoaires ne sont pas inclus directement car il est considéré qu'ils sont éliminés en même proportion que les helminthes). En outre, la présence de certaines espèces pathogènes tel que les nématodes intestinaux et particulièrement *Ascaris sp*, *Trichuris sp* et *Ankylostoma sp* dans les eaux usées est considérée comme un risque majeur pour la réutilisation de ces eaux en agriculture (OMS, 1989)

- **Evaluation de l'efficacité d'épuration**

Afin de réduire les risques d'utilisation des eaux usées trop chargées en parasites dans l'irrigation des cultures et les animaux, il faut donc recourir au processus d'épuration. Après l'analyses des résultats des différentes études avant et après l'épuration, il ressort que :

- 83% des kystes de protozoaires et plus de 77 % des œufs d'helminthes sont éliminés de l'effluent sur un parcours de 2 km, à ciel ouvert (Bouhoum et *al.*, 1997), le rendement auto épuratoire global est important mais ce phénomène reste insuffisant pour satisfaire les directives de l'OMS (1989).
- Pour l'étude de Khalil (2007), l'épuration est faite par un prétraitement subit à l'entrée de la station (décanteur et dégrilleur) suivi par un traitement primaire puis secondaire. Ces traitements réalisés au niveau de la station d'épuration pilote de l'O.C.P. a permis un taux d'abattement moyen de 97,4 % pour les kystes de protozoaires et de 93,3% pour les helminthes alors que les oocystes sont éliminés complètement.
- Dans Alouni (1993), l'épuration faite par des traitements de type biologique (boues activées, lagunage naturel), montre des rendements d'élimination variant de 70% à 100%

- (moy=86,22%) pour les kystes de protozoaires par contre 100 % des échantillons de toutes les stations ne renferment plus d'œufs d'helminthes.
- Concernant Alouni (1998) où les eaux usées traitées au niveau de la station de Cherguia par épuration biologique (primaires et secondaires). L'efficacité de l'élimination des kystes est d'environ 97 % et 100 % des échantillons ont été exempts d'œufs d'helminthes.
 - L'efficacité épuratoire de la méthode par boue activée de la station de Cambérène était de 100 % (Akpo et *al.*, 2013).
 - Frah et Bouzad (2018), le taux d'épuration à la station d'épuration des eaux usées de l'office national d'assainissement est de 66,47% pour les œufs d'helminthes et 81,1% pour les protozoaires. par l'utilisation des substances naturelles d'origine végétale pour purifier l'eau, les œufs ont été jetés à 99.54%. Tout comme le taux de diminution des kystes 99.99%. D'après les mêmes auteurs, l'examen microscopique de l'eau traitée par les graines de *Moringa oleifera* a montré la destruction de tous les parasites qui du probablement à un effet cytotoxique sur les formes parasitaires avec altération de la couche kystique des protozoaires.

On peut constater donc l'efficacité des différents types de traitements biologiques vis-à-vis les éléments parasitaires sans négliger le rôle important de l'autoépuration qui peut suivre les traitements au niveau des stations d'épuration après le rejet d'eau pure dans la nature, ce qui permet de répondre aux normes de l'Organisation mondiale de la santé (1989).

Il est important de préserver cette ressource importante en eau en exigeant le traitement des eaux usées avant leur déversement dans la nature par la mise en place des systèmes rustiques d'épuration des eaux usées dans les pays en voie de développement, notamment dans les régions où il y a une carence en ressources d'eau, ce qui pourrait participer à la réduction des risques sanitaires liés aux pratiques irrationnelles de réutilisation des eaux usées brutes.

Conclusion

Notre étude analytique de nombreuses recherches nous a permis d'identifier les degrés de charge parasitaire des eaux usées dans les endroits suivants : Tunisie (Tunis et Gafsa), Maroc (Marrakech, Kénitra, Khouribga, Fès, Rebat), Côte d'Ivoire (District d'Abidjan), Sénégal (Dakar : Cambérène), Algérie (Ain Defla).

A travers les études analysées, une grande diversité dans le nombre et le types des taxons parasitaires a été démontré, ainsi 20 espèces ont été signalé : *Giardia intestinalis*, *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, *Cryptosporidium parvum*, *Ascaris sp*, *Toxocara cati*, *Toxocara canis*, *Enterobius vermicularis*, *Hymenolepis nana*, *Taenia sp*, *Trichuris sp*, *Ankylostome sp*, *Nematodirus sp*, *Moniezia expansa*, *Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium dendriticum*, *Shistosoma mansoni*, *Rhabditoides*, *Trichostrongylus sp*.

Ces différentes catégories d'organismes appartiennent à deux groupes parasitaires : celui des protozoaires qui est représentés par les classes des : Flagellés, Rhizopodes et Sporozoaires et celui des Helminthes avec toutes ses classes : Nématodes Cestodes et Trématodes. Une prédominance des Flagellés sur les autres classes des protozoaires est notée (55000 kystes, 210 kystes) dont l'espèce majeure est *Giardia* (55000, 210) kystes/L, ainsi qu'une prédominance des Nématodes est observée chez les Helminthes (6.95-17850) œuf/L avec une absence quasi totale des Trématodes (0.26-2) œuf/L. Leur présence est signalée uniquement à Rabat (*F.hepatica*, *D.dendriticum*) et à District d'Abidjan (*Shistosoma mansoni*).

Cette nette différence de quantité et de qualité est due à de nombreux facteurs : Variation saisonnière, température, humidité, conditions d'oxygène et degrés d'insolation.

Le déclin de certaines espèces parasites est probablement dû aux méthodes qui ne garantissent pas une concentration identique pour toutes les espèces. Seule la méthode de Bailenger, adaptée aux eaux résiduaires, est dans l'ensemble la meilleure : elle assure une bonne concentration pour toutes les espèces habituelles dans les eaux résiduaires.

Les études analysées ont confirmé le risque sanitaire des eaux usées, surtout lorsqu'elles sont réutilisées irrationnellement dans le domaine de l'agriculture, en conséquence, l'Organisation mondiale de la santé a recommandé l'importance de la purification avant de réutiliser ces eaux usées.

L'épuration a été effectuée dans les zones mentionnées précédemment de plusieurs manières soit au niveau des stations d'épuration de type biologique (boues activées ou lagunage naturel) soit par autoépuration dans un canal à ciel ouvert ou expérimentalement à l'aide des grains de Moringa pour évaluer l'effet antibactérien et antiparasitaire des graines de *Moringa oleifera* dans le domaine de traitement des eaux usées. L'efficacité de ces méthodes d'épuration a été confirmée

dont les rendements d'abattement des parasites est de 66,47%-100% pour les œufs d'helminthes et 81,1%-98,86% pour les kystes des protozoaires.

Il est très nécessaire de préserver cette source d'eau en traitant les eaux usées avant qu'elles ne soient rejetées dans la nature en constituant des stations d'épuration dans les pays en développement, notamment ceux qui souffrent d'une pénurie de ressources en eau, afin de réduire les risques sanitaires liés aux pratiques irrationnelles de réutilisation de ces eaux.

Références

Références bibliographique

- Ababsa, N. (2016).** Identification et quantification *in situ* des interactions entre la diversité faunique et la macro- bioporosité dans le contexte des prairies naturelles irriguées à l'eau usée. Influence sur le fonctionnement hydrique du sol. Thèse de Doctorat d'état, Université Ferhat Abbas Sétif 1. 48p.
- Akpo, Y, Sawadogog, J., Degnon, R.G. (2013).** Évaluation de la contamination parasitologique des eaux Usées domestiques à la station d'épuration de Cambérène (Dakar). Journal of Applied Biosciences 69 :5449 – 5455. ISSN 1997–5902
- Alex, L.A. (2016).** Evaluation des charges polluantes (domestiques et industrielles) arrivant au lac Kivu dans la ville de Bukavu, RD. Congo. Thèse de Doctorat d'état, Faculté des Sciences Unité Assainissement et Environnement, pp 7-10.
- Amahmid. O S. Asmama. S et Bouhoum. K, (2002).** « Traitement des eaux usées d'Urnab dans les bassins de stabilisation : apparition et élimination des pathogènes » Urban Water ; 4 ; 255-262.
- Anonyme a. (1990).** Les stations d'épuration d'effluents domestiques. Direction de l'environnement. Ed. Ministère de l'intérieur. 24p.
- Anonyme b. (2003).** L'eau, c'est la vie. Revue des sciences de l'eau. Journal of Water Science. Volume 16, numéro 4, 2003, p. 389-494.
- Anonyme c. (2003).** L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper. 65p.
- Anonyme d. (2002).** The use of treated wastewater (tww) in forest plantations in the near east region near east forestry commission (fifteenth session). FAO Organisation pour l'alimentation et l'agriculture. 5 p.
- Anonyme e. (1995).** Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines. CSHPF donner la signification de l'abréviation. 22p.
- Asano, T. (1998).** Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library. 1475 p.

- Ayres, R.M., Mara D.D. (1997).** Analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en agriculture. Manuel des techniques de laboratoire en parasitologie et bactériologie. Genève : OMS. 30 p.
- Badi, H. (2013).** Influence de *Papyrus* et de *Tamarix* sur l'élimination du phosphate et de l'azoté des eaux usées urbains, mémoire de master, Université Mohamed Khider–Biskra. Faculté des Sciences et de la technologie.
- Baumont, S., Camard, J.-P., Lefranc A., Franconi, A. (2004).** Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS. 220p.
- Baumont, S., Camard, J.-P., Lefranc, A., Franconie, A. (2004),** Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- Ben medjeddel, H ., (2021),.** Effet des paramètres physico chimiques sur la répartition des helminthes dans les eaux usées., Université Mohamed khider Biskra-Algérie
- Benmoussa, S., Gasmî, I. (2015).** Etude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par un lagunage naturel (Cas de la région de M'rara). Université de Echahid Hamma Lakhdar El Oued.
- Billaudel, S., Aubineau-Ferré, V. (1999).** Virus et coquillages. Lettre de l'infectiologue. 5 :195-198.
- Bouchaud, O., Aumaître, H. (1999).** Diagnostic et traitement des parasitoses digestives (sauf amibiase). Gastro-entérologie 9-062-A-40 Encycl. Méd. Chir. Elsevier, Paris. 13 p.
- Bouhoum, K. Amahmid, O et Asmama, S., (2002)** "Réutilisation des eaux usées à des fins agricoles : Effets sur la population et les cultures irriguées" Actes du colloque international sur la lutte contre la pollution de l'environnement et la gestion des déchets. EPCOWM.Tunis, Partie II. P :582-586.
- Bouhoum, K., Amahmid, O., Habbari, K. & Schwartzbrod, J. (1997).** Devenir des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires dans un canal a ciel ouvert alimenté par les eaux usées de Marrakech. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 10(2), 217–232.
- Boutin, C. et Alain, H., Jean, M. (2008).** Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, convention de partenariat ONEMA-Cemagref
Domaine : Ecotechnologies et pollutions Action : 28, Réutilisation des eaux traitées.

- Bunel., (1995).** Les parasites *Giardia–Cryptosporidium* Approche du risque sanitaire. Mémoires DESS Environnement.
- Cisse, M. N’guessan, F. Karamoko, Y. Tigoli, K. Djebidje, F. Germain, G., (2011),** Charge parasitaire des eaux usées du collecteur « Gouro » traversant les communes d’Abobo, Adjamé et Cocody (District d’Abidjan)., Université d’Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d’Ivoire.
- Desjardins, R. (1997).** Le traitement des eaux. 2ème édition. Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada. 303p.
- Duvivier, L., (2006).** Traitement des eaux de refroidissement. Edition TEC & DOC. p 7.
- Edline, F. (1996).** L’épuration physico-chimique des eaux. 3eme édition. Ed. CEBEDOC, Paris. 283p.
- Edline, F., (1979).** L’épuration biologique des eaux résiduaires. Ed. CEBEDOC, Paris, 306p.
- El Guamri. Y et Belghyti D., (2006).** Charge parasitaire des eaux usées brutes de la ville de Kénitra (Maroc). Afrique SCIENCE 03(1) (2007), 123 – 145 p.
- Faby, J.A., Brissaud, F. (1997).** L’utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l’Eau. 76 pages.
- Fan P.C. (1997),** Annual economic loss caused by *Taenia saginata asiatica taeniasis* in East Asia May; 13(5):194-6. doi: 10.1016/s0169-4758(97)01041-7.
- Frah, H. Bouzad, H. (2018),.** Evaluation de l’effet antibactérien et antiparasitaire des graines de *Moringa oleifera* dans le domaine de traitement des eaux usées. Mémoire de fin d’étude En vue de l’obtention du diplôme de Master. Université Djilali Bounaama Khemis Miliana.
- Gantzer C., Lucena F., Shwartzbrod L., Jofre J. (1998).** Indicateurs de contamination virale du milieu hydrique : mythe ou réalité Virologie ; 2 :117-25.
- Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M.F.P., Van Beek, L. P.H, (2012).** Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. Nature 488 (488): 197–200.
- Gleick, H. (1993).** L'eau en crise : un guide des ressources mondiales en eau douce (Oxford University Press, New York).

- Grosclaude, G. (1999).** L'eau usages et polluants, Ed INRA, Paris, tome II, p.210.
- Habbari, K.H., (1992)** "Impact de l'utilisation des eaux usées sur l'épidémiologie des helminthiases et de la croissance chez l'enfant d'El Azouzia" Th. 3 ème cycle. Fac. Sci. Marrakech. (1992).
- Hamaidi, C., Zoubiri, F., Hamaidi, A.-F ., Debib, M.-S., Kais, A.-H. (2016).** Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Medéa (Algérie). Larhyss Journal 26: 113-128.
- Idrissi, Y.-A., Mansouri, D., El Yemli, A., Kherrati, I., Berrid N., Ghachoui E.-H., Hussein A.-K., El Kharrim K., Belghyti, D. (2020).** Parasitological assessment of the purifying performance of the wastewater station by natural lagoon of Azilal, Morocco. Parasitologie 24(3) : 299 – 309.
- Janssens, P.G. Gentilini, M. (1995).** Protozoologie. D/1995/0074/030. ISBN 2-8041-2048-1. p 23-38. Parasitol. Today 13 (5) (1997) 194-196.
- Khalil, A. Souassi¹, L. Ababou¹, B. Hiroual, S. Zahri, A. Bouzidi, A et Boukachabine, K., (2007).**, Devenir de la charge parasitaire des eaux usées traitées par une station pilote de type Lagunage à Khouribga – Maroc., Reviews in Biology and Biotechnology. BioAlliance Canada-Morocco., Vol .6, No 2, July 2007. pp. 44-48.
- Khengaoui, K. (2017).** Étude de l'effet de la salinité des eaux usées sur le processus de la filtration lente sur sables. Thèse doctorat d'état, Université Kasdi Merbah Ouargla, pp61-67.
- Kopecka H, Dubrou S, Prevot J, Marechal J, Lopez-pila JM., (1993).** Detection of naturallyoccurring enteroviruses in waters by reverse transcription, polymerase chain reaction and hybridization. Appl Environ Microbial; 59:1213-9.
- Metahri, M. S. (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitée, par des procédés mixtes. Cas de STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse doctorat en Agronomie, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, pp. 5-7.
- Moulin, S., David, R., Milena, S. (2013).** Traitement des eaux usées, CERES-ERTI ; 24 Rue Lhomond 75005. Paris. A rectifier.

- Mouqerassou. Z., (1985).**, Analyse parasitologique des eaux usées brute du Littoral de rabat, UNIVERSITE MOHAMMED V FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE -RABAT-
- Mouqerassou. Z. (2001).**, Analyse parasitologique des eaux usées brutes du Littoral de Rabat., UNIVERSITE MOHAMMED V FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE – RABAT-MS, 1997. Analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en agriculture. Manuel des techniques de laboratoire en parasitologie et bactériologie, Genève, Suisse, 36p.
- 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" Th. 3 ème cycle. Fac. Sci. Oujda. 120p.
- Nasr F. A., Gad M. A., Al-Herrawy A .Z., Abdelfadil A. S. (2018).** Decentralized Biological Compact Unit for the Removal of Parasitic Helminth Ova During Sewage Treatment. EnvironmentAsia 12(1) : 178-186.
- Nicolas X, Chevalier B, Simon F et Klotz F. (2001).** Traitement des parasitoses intestinales (amibiase et mycoses exclues). Encycl. Méd. Chir. (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, paris, tous droit réservés), Gastro-entérologie, 9-062-A-60,14 P.
- OMS., (1989).** L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquacul-ture : recommandations à avisées sanitaires. Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS. Organisation mondiale de la santé, série de rapports techniques n° 778, Genève.
- Philippe Gillet - Idzi Potters - Jan Jacobs., 2020.** PARASITOLOGIE HUMAINE TROPICALE., Institut de Médecine Tropicale Prince Léopold. Nut 0410.057.701. p 5-7.
- Pommepuy, M. (2001).** Virus et coquillage : quel risque et comment le prévenir ? Bull Soc Fr Microbiol. 16 :95-98. Publique : Du risque à la prévention. Rennes : ENSP éditeur ; 1992 ; 35-49.
- Rachel, M.-A., D., Duncan, M. (1997).** Analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en Agriculture.Manuel des techniques de laboratoire en parasitologie et bactériologie. ISBN 92 4 254484 1. (pp. 8-16).
- Radoux, M. (1995).** Qualité et traitement des eaux. Fondation Universitaire Luxembourgeoise, Station expérimentale de Viville. Bruxelles : FUL.- 153 p.

- Rejsek, F. (2002).** Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, Éd. CRDP, Aquitaine, France.
- Rodier. J., Bazin. C., Broutin. J.P., Chambon. P., Champsaur. H., Rodi. L. (2005).** The analysis of water: natural water, wastewater, seawater 8ème édition. DUNOD. Paris, p.1383. Schwartzbrod L. Virus, eaux et coquillage. In : Lesne, editor. Coquillages et santé.
- Stien, Schwartzbrod J., (1987).** Devenir des œufs 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.
- Talouizte H, Merzouki M, Alami EL Ouali A, Bennani L, Benlemlih M., (2007).** EVOLUTION DE LA CHARGE MICROBIENNE DE LA LAITUE IRRIGUÉE AVEC LES EAUX USÉES URBAINES DE LA VILLE DE FÈS AU MAROC.,-Journal of Applied Biosciences 69:5449 – 5455. ISSN 1997–5902.
- Viviane, G, (2007),** Biologie médicale pratique : parasitologie, auto-evaluation et manipulations, édition de Boeck, France. p188.
- Z. Alouini., (1998),** Devenir des œufs et kystes de parasites au cours d'un cycle d'épuration de la station Cherguia à Tunis., Laboratoire de parasitologie des eaux usées, Institut National de Recherche en Génie rural, Eaux et Forêts.
- Z. Alouini., (1993).** Flux de la charge parasitaire dans cinq stations d'épuration en Tunisie., Revue des sciences de l'eau.

Webographie

Site web 1: UNESCO The United Nations World Water Development Report 2 [see http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/pdf/wwdr2_ch_4.pdf], P121.

Site web 2: <https://doi.org/10.7202/705278ar>

Site web 3: <https://www.idea.be/fr/cycle-eau/assainissement-des-eaux-usees/comment-fonctionne-une-station-d-epuration.html>.

Site web 4: <http://www.hc-sc.gc.ca>

Site web 5: <http://www.intellego.fr/soutien-scolaire-niveau-lycee/aide-scolaire-sciences-sanitaireset-sociales/les-maladies-liees-au-peril-fecal/43730> .

Site web 6: <https://fr.climate-data.org/afrique/>

Site web 7: <https://www.google.dz/maps/@31.564437,-6.0596319,3.17z?hl=fr>

ملخص

في البلدان ذات الموارد المائية المحدودة ، يمكن أن يكون استخدام المياه العادمة لأغراض مختلفة بديلاً مثيراً للاهتمام. من الواضح أن هذا الاستخدام يطرح مشكلة مخاطر صحية للإنسان أو الحيوان. الهدف من هذا العمل هو إجراء دراسة تحليلية حول الحمل الطفيلي لمياه الصرف الصحي في العديد من مناطق أفريقيا ، وكذلك مستقبل هذا الحمل خلال عملية معالجة مياه الصرف الصحي بطرق مختلفة ، من خلال الدراسات التي تم تحليلها ، تم العثور على 20 صنفاً طفيلياً بفضل طرق تركيز الطفيليات في مياه الصرف الصحي ، و أهمها طريقة *Bailanger modifiée* ، تم التعرف على جميع فئات الديدان الخيطية السائدة (6.95-17850 بيض/لتر) و الأنواع الرئيسية منها *Ascaris sp* (10^2 286,1-5 بيض/لتر). وبالمقابل تم الإبلاغ عن جميع فئات الاكياس الطفيلية ، التي من بينها فصيلة *Rhizopodes* هي الأكثر تمثيلاً مع *Entamoeba Coli* (10^2 0,23-0,48.10⁵ كيس/لتر) و *Entamoeba histolytica* (10^2 0,8.10² - 0,37.10⁵ كيس/لتر). أظهر تقييم كفاءة التنقية لهذه الدراسات ان معدل التخلص من البيض و الاكياس مرتفع للغاية ، حيث يتراوح من 66.47% - 100% ، لكنه يظل ، في بعض الحالات ، غير كاف لتلبية ارشادات منظمة الصحة العالمية التي تنص على وجوب معالجة مياه الصرف الصحي و تكون خالية من بيض الديدان الطفيلية و الاكياس الأولية ، ومع ذلك ، فإن إنشاء أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي الريفية في البلدان النامية ، لا سيما في المناطق التي تكون فيها موارد المياه محدودة ، يمكن أن يساهم بشكل كبير في تقليل المخاطر الصحية المرتبطة بالممارسات الحالية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي الخام.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي الخام، مياه الصرف الصحي النقية، الديدان المعوية، الاكياس الطفيلية.

Résumé

Dans les pays à ressources en eau limitées, l'utilisation des eaux usées à différentes fins peut être une alternative intéressante. Il est clair que cette utilisation pose le problème des risques sanitaires pour l'homme ou les animaux. L'objectif de ce travail est de faire une étude analytique à propos de la charge parasitaire des eaux usées dans plusieurs régions d'Afrique et son avenir au cours d'un processus de traitement des eaux usées de différentes manières. A travers les études analysées 20 taxons parasitaires ont été trouvés grâce aux méthodes de concentration des parasites dans les eaux usées, dont la plus importante est celle de *Bailanger modifié*. Toutes les classe d'helminthes sont identifiées avec la prédominante des nématodes (17850-6,95 œufs/L) Dont l'espèce majeure est *Ascaris sp.* (10^2 286,1-5 œufs/L). De même toutes les classes des protozoaires sont signalées dont celle des *Rhizopodes* est la plus représentée avec *Entamoeba coli* (10^2 0,23-0,48.10⁵ kystes/L) et *Entamoeba histolytica* (10^2 0,8.10² à 0,37.10⁵ kystes /L). L'évaluation de l'efficacité d'épuration de ces études a révélé que le taux d'élimination des œufs et des kystes est très important qui varie de 66,47% à 100 % , mais il reste, dans certains cas, insuffisant pour satisfaire les directives de l'OMS qui stipulent que les eaux usées traitées doivent être exemptes d'œufs d'helminthes et de kystes de protozoaires. Cependant, la mise en place de systèmes de traitement des eaux usées dans les pays en développement, en particulier dans les zones où les ressources en eau sont limitées, peut contribuer de manière significative à réduire les risques sanitaires associés aux pratiques actuelles de réutilisation des eaux usées brutes.

Mots clés : Eaux usées, épuration, helminthes, Protozoaires.

Summary

In countries with limited water resources, the use of wastewater for different purposes can be an interesting alternative. It is clear that this use poses the problem of health risks for humans or animals. The objective of this work is to make an analytical study about the parasitic load of wastewater in several regions of Africa and its future during a wastewater treatment process in different ways. Through the studies analyzed, 20 parasitic taxa were founded with methods of concentration of parasites in wastewater, the most important of which is that of modified *Bailanger*. All classes of helminths are identified with the predominant nematodes (17850-6,95 eggs/L) of which the major species is *Ascaris sp.* (10^2 286, 1.10²-5 eggs/L). Similarly, all classes of protozoa are reported, of which that of *Rhizopods* is the most represented with *Entamoeba coli* (10^2 0.23-0.48.10⁵ cysts/L) and *Entamoeba histolytica* (10^2 0.8.10² to 0.37.10⁵ cysts/L). The evaluation of the purification efficiency of these studies revealed that the rate of elimination of eggs and cysts is very high, varying from 66.47% to 100%, but it remains, in certain cases, insufficient to meet WHO guidelines which state that treated wastewater must be free of helminth eggs and protozoan cysts. However, the establishment of wastewater treatment systems in developing countries, especially in areas with limited water resources, can contribute significantly to reducing the health risks associated with current water reuse practices. Raw worn.

Keywords: Wastewater, purification, helminths, protozoa.