

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin de cycle
En vue de l'obtention du diplôme de Master
En Sciences Agronomiques
Spécialité : Eau et Environnement

Thème

**Suivi parasitologique des eaux usées traitées de la
STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou**

Présenté par :

M^{elle} DERBENE Radia

et

M^{elle} AIDER Celina

Devant le jury composé de :

Mr Berradj O	Maitre de conférences B	UMMTO	Président
Mr Metahri M.S	Maître de conférences A	UMMTO	Promoteur
Mme Berrouane N	Doctorante	UMMTO	Co-promotrice
Mr Smail A	Maitre de conférences B	UMMTO	Examineur

Promotion : 2019 / 2020



REMERCIEMENTS

Le grand merci pour Allah, Grand et Miséricordieux pour le courage, la patience et la force qui nous a donné pour mener à bien ce travail.

On tient d'abord à remercier notre promoteur, **Mr METAHRI M.S** et notre Co-promotrice, **Mme BERROUANE N**, pour tous leurs efforts, leurs savoirs, leurs idées, leurs confiances et leurs encouragements. Cela a été un privilège pour nous, de travailler sous leurs directions.

Nos vifs remerciements à **Mr BERRADJ O**, d'avoir accepté de présider le jury de notre modeste projet de fin de cycle.

On remercie également **Mr SMAIL A**, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Un grand merci à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation.

Un merci infini à toute personne qui a contribué de près ou de loin pour que ce jour arrive.





Dédicaces

Il me tient à Cœur de dédier ce modeste travail :

À mes très chers parents à qui je dois toute ma réussite, vous avez toujours été présents pour moi et j'espère que vous le serez encore longtemps, mille merci.

À mes très chers frères : Farid, Lyes et Madjid.

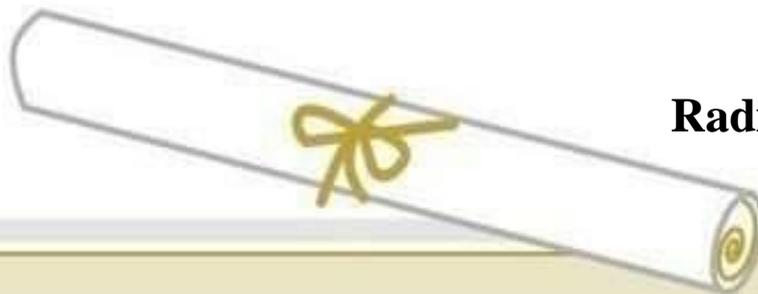
À ma sœur Lynda et son mari.

Et surtout ma nièce Alia et mon neveu Samy.

À mon grand-père à qui je souhaite une longue vie et à la mémoire de ma grande mère * que dieu l'accueille dans son vaste paradis*.

À mes amis (es).

À mon binôme Celina et toute sa famille.



Radia



Dédicaces

Il me tient à Cœur de dédier ce modeste travail :

À mes chers parents aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

À ma sœur : Katia.

À mon frère : Yacine.

À ma grande mère maternelle que j'adore et à qui je souhaite une longue vie et à la mémoire de mon grand-père que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

À tout ma famille, grands-parents, oncles, tantes, cousins et cousines.

À tous mes amis (es).

À mon binôme Radia et toute sa famille.



Celina

Listes des figures

Figure N°	Titre	Page
01	Schéma d'un prétraitement dans une station d'épuration	6
02	Schéma d'un décanteur	6
03	Schéma d'un procédé à Lit bactérien	7
04	Schéma d'un procédé disque biologique	8
05	Schéma de la structure d'un protozoaire, la paramécie	11
06	Schéma comparatif de nématodes phytopathogènes, femelle et male	12
07	Morphologie de cestode	12
08	Vers adultes de Schistosome en couple, mâle et femelle	13
09	Cycle parasitaire direct	14
10	Cycle parasitaire indirect	15
11	Kyste <i>Entamoeba histolytica/dispar</i> à 4 noyaux (a) et Trophozoïte d' <i>Entamoeba Histolytica minuta/dispar</i> (b)	18
12	Trophozoïte d' <i>Entamoeba Histolytica</i> phagocytant des hématies	18
13	Trophozoïte de <i>Giardia intestinalis</i>	19
14	Kystes de <i>Giardia intestinalis</i>	20
15	Adulte d' <i>Ascaris lumbricoïdes</i> (mâle et femelle)	20
16	Œuf d' <i>Ascaris lumbricoïdes</i>	21
17	<i>Enterobius vermicularis</i> adulte mâle	21
18	Œufs d' <i>Enterobius Vermicularis</i>	22
19	Adulte de <i>Tænia saginata</i>	22
20	Œuf de <i>Tænia saginata</i>	23
21	Adulte de <i>Tænia Solium</i>	23
22	<i>Fasciola hépatica</i> adulte	24
23	Œuf de <i>Fasciola hepatica</i>	24
24	Vue satellitaire de la station d'épuration de pont de bougie Tizi-Ouzou	25
25	Schéma global du fonctionnement de la STEP Est de Tizi-Ouzou	26
26	Microscope photonique connecté à l'ordinateur et l'outil de la caméra	29
27	Un appareil de filtration sur membrane « Sartorius »	29

28	Centrifugeuse	29
29	kyste d' <i>Entamoeba coli</i> G×40	32
30	Forme végétative d' <i>Entamoeba histolytica</i> G×40	32
31	Forme végétative de <i>Dientamoeba fragilis</i> G×40	32
32	Kyste de <i>Giardia duodenalis</i> G×40	32
33	<i>Cryptosporidium</i> G×40	33
34	<i>Encephalitozoon cuniculi</i> G×40	33
35	Œuf d' <i>Ascaris</i> G×40	34
36	Œufs non embryonnées de <i>Trichuris trichuria</i> G×40	35
37	<i>Strongyloides stercoralis</i> (anguillule) G×40	35
38	<i>Toxocara canis</i> G×40	35
39	<i>Hymenolepis nana</i> (<i>Tænia nain</i>) G×40	36
40	Œuf de <i>Ténia</i> G×40	36
41	Œuf de <i>Fasciola hepatica</i> G×40	37
42	Œuf de <i>Fasciola hepatica</i> G×40	37

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
01	Parasites pathogènes dans les eaux usées	17
02	Caractéristique techniques de STEP Est de Tizi Ouzou	26
03	Tableau comparatif des parasites identifiés dans l'effluent secondaire de la STEP Est de Tizi Ouzou.	30

Liste des abréviations

AEP : Alimentation en eau potable

DBO : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

EH : Equivalent Habitant

MES : Matières En Suspension

OMS : Organisation Mondiale de Santé

STEP : Station d'épuration

UV : Ultra-violet

VIH : Virus de l'Immunodéficience Humaine

SP : espèce

CET : Centre d'Enfouissement Technique

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre 1 : EAUX USEES ET PROCEDES D'EPURATION

I.1. Définition d'une eau usée	2
I.2. Origine des eaux usées	2
I.2.1. Eaux usées domestiques.....	2
I.2.2. Eaux usées industrielles.....	2
I.2.3. Eaux agricoles	2
I.2.4. Eaux pluviales	3
I.3. Pollution des eaux	3
I.3.1. Différents types de pollutions de l'eau	3
I.4. Assainissement	4
I.5. Nécessité et objectif de l'épuration.....	4
I.6. Procédés d'épuration des eaux usées.....	5
I.6.1. Prétraitements.....	5
I.6.2. Traitement primaire	6
I.6.3. Traitement secondaire	7
I.6.4. Traitement tertiaire	9

Chapitre 2 : PARASITES D'ORIGINE HYDRIQUE

II.1. Parasites	10
II.2. Parasitisme.....	10
II.3. Diversité parasitaire.....	10
II.4. Classification des parasites.....	10
II.4.1. Protozoaires	10
II.4.2. Helminthes	11
II.4.3. Fungi ou micromycètes.....	13
II.4.4. Arthropodes, mollusques, para-arthropodes ou annélides	14
II.5. Cycle parasitaire.....	14
II.6. Transmission des parasites.....	15
II.7. Parasites d'origine hydrique	16
II.7.1. Parasites pathogènes dans les eaux usées.....	16
II.7.2. Parasitoses à transmission hydrique.....	17

Chapitre 3 : MATERIEL ET METHODES

1. Objectif de l'étude	25
------------------------------	----

2. Présentation de la zone d'étude	25
2.1. Fiche technique de la station	26
2.2. Fonctionnement de la STEP	26
3. Matériel et méthodes	27
3.1. Prélèvements	27
3.2. Matériel et produits utilisés	28
3.3. Mode opératoire	28

Chapitre 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Résultats et discussion	30
Conclusion générale	38

Introduction générale

Introduction générale

L'importance de l'eau pour la vie comme composant de l'écosystème mondial n'est plus à démontrer. Cette ressource qui répond aux besoins fondamentaux de l'homme est un facteur du développement pour générer et entretenir la prospérité par le biais de l'agriculture, la pêche, la production d'énergie, l'industrie et les transports (Belhalhali et Boudjemai, 2016). L'importance de cette richesse naturelle est d'autant plus ressentie dans les pays à climat aride ou semi-aride qui souffrent d'un déficit hydrique et d'une irrégularité des apports d'eau dans le temps et dans l'espace (Akpo *et al*, 2013).

La croissance démographique, économique et urbaine est à l'origine de différentes sources de pollution environnementale, particulièrement dans les pays en voie de développement moins préoccupés et moins sensibilisés par les risques sanitaires. Parmi ces sources de pollution, la production des eaux usées qui sont souvent rejetées dans le milieu naturel sans traitement préalable. Cette pollution génère de nombreuses maladies hydriques qui peuvent être à l'origine de certaines épidémies donc préjudiciables pour la santé publique (Habi et Haddad, 2019).

Les eaux usées urbaines sont susceptibles de renfermer et de véhiculer une grande variété d'agents pathogènes pour l'homme (virus, bactéries et parasites). Les organismes pathogènes présents dans les eaux usées d'une collectivité, en reflètent l'état sanitaire. Ainsi, le nombre et la variété de parasites retrouvés dans les eaux usées seraient liés au niveau d'infestation de la population humaine et /ou animale desservies car la plupart des parasites sont excrétés dans le milieu extérieur sous forme de kystes ou d'œufs éliminés avec les matières fécales (Bouhoum *et al*, 1997).

En vue de la préservation des ressources d'eau encore saines et de la protection de l'environnement et de la santé publique, l'Algérie adopte alors, un programme riche en matière d'épuration des eaux usées par la mise en service de plusieurs stations d'épuration (Boumediene, 2013).

Les eaux usées qui n'ont pas été traitées correctement sont habituellement responsables de la transmission d'agents pathogènes par l'eau. Ce mode de transmission joue un rôle important dans l'apparition de certaines maladies gastro-intestinales (Ouali, 2019).

L'objectif de notre travail est l'appréciation des caractéristiques parasitologiques des eaux usées épurées de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou et l'observation microscopique de la microfaune pour estimer l'efficacité du traitement adopté à la réduction de la charge parasitaires et vérifier la non dangerosité de leur rejet en milieu naturel.

Chapitre 1

I.1. Définition d'une eau usée

Les eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine, industrielle ou agricole, elles doivent être traitées avant d'être réintroduite dans le milieu naturel. Elles sont susceptibles d'engendrer différentes sortes de pollution et de nuisance dans le milieu récepteur si leur traitement n'est pas efficace (Kesbi, 2016).

I.2. Origine des eaux usées

Suivant l'origine des substances polluantes, on peut distinguer ; les eaux usées domestiques, les eaux usées industrielles, les eaux agricoles et les eaux pluviales.

I.2.1. Eaux usées domestiques

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : urines, fèces (eaux de vannes), 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 sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement par des eaux de vanne d'évacuation de toilette. Et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bain (Belmihoub et Bouderbala, 2017).

I.2.2. Eaux usées industrielles

L'industrie a toujours eu une place prépondérante dans la pollution des rivières, des plans d'eau et de la mer, malgré les efforts entrepris pour réduire les volumes de pollution rejetés provenant des usines. L'eau est caractérisée par une grande diversité de composition, suivant son utilisation. Elle contient des matières organiques et des graisses (industrie agro-alimentaire), des hydrocarbures (raffineries), des métaux (métallurgie), des acides, des bases et des produits chimiques divers (industries chimique, tanneries) (Berrahmoun, 2016).

I.2.3. Eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable, car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues des terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphatés, non retenus par le sol et non assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées et/ou phosphatées des nappes superficielles, des cours d'eau et des retenues (Metahri, 2012).

I.2.4. Eaux pluviales

Elles peuvent également constituer une cause de pollution importante. Pouvant se charger d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles) et en ruisselant, où elles se chargent des résidus déposés sur les toits, les chaussées et les sols (poussières, huiles de vidange, carburant, résidus de pneus, métaux lourds, pesticides...) (Belmihoub et Bouderbala, 2017).

I.3. Pollution des eaux

Une eau polluée est une eau qui a subi du fait de l'activité humaine, directement ou indirectement ; une modification de son état ou de sa composition qui a pour conséquence de la rendre impropre à l'utilisation à laquelle elle est destinée (Kesbi, 2016).

I.3.1. Différents types de pollutions de l'eau

On peut classer qualitativement la pollution en plusieurs catégories en fonction de sa nature, de sa nocivité et de ses effets. On distingue (Halil et Mouloudj, 2018) :

a. Pollution organique

Elle est engendrée par les eaux usées domestiques ou résiduaires, les industries textiles, les laitières, les papeteries, l'industrie de bois et les abattoirs.

b. Pollution physique

Les principaux agents de la pollution physique sont : la température, les matières en suspension (MES) et la radioactivité...etc.

- L'élévation de la température de l'eau de surface diminue la solubilité des gaz dans l'eau, en particulier l'oxygène. Il en résulte une diminution du pouvoir auto-épurateur de la rivière.
- Les particules en suspension de nature organique ou minérale sont introduites dans l'eau de surface par les eaux de ruissèlement. Elles proviennent essentiellement d'effluents industriels, urbains et érosion.
- La radioactivité met en jeu les rayonnements α de puissances diverses. Certaines roches et minerais contiennent des éléments instables et radioactifs, comme l'Uranium, le Radium et le Thorium. Leurs accumulations dans l'organisme provoquent des toxicités.

c. Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement au déversement des polluants organiques, des sels et de métaux lourds par les unités industrielles. Ainsi que l'enrichissement des sols par diverses catégories d'engrais et de pesticides (agriculture intensive).

d. Pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent des microorganismes excrétés avec les matières fécales, cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Kesbi, 2016).

I.4. Assainissement

C'est l'ensemble des techniques de collecte, de transport et de traitement des eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel. Il existe deux types de réseaux de collecte (Habi et Haddad, 2019) :

a. Réseaux unitaires

Dans le système unitaire, les eaux pluviales et les eaux usées urbaines sont évacuées vers la STEP par une canalisation commune. L'avantage de ce système est le coût plus faible que le séparatif pour la gestion des canalisations vers la STEP. L'inconvénient est que le dimensionnement des canalisations doit être suffisamment important pour éviter les inondations et permettre d'évacuer un débit pluvial important au moins jusqu'au bassin d'orage.

b. Réseaux séparatifs

Dans le système séparatif, l'évacuation des eaux usées urbaines (ménages privés, artisanats et industries) se fait dans une canalisation distincte de celle des eaux pluviales. Ces dernières sont rejetées directement dans le récepteur aquatique sans passer par la station d'épuration. Le système séparatif permet de pallier les problèmes de surcharge de la STEP lors d'évènements pluvieux.

I.5. Nécessité et objectif de l'épuration

L'épuration des eaux résiduaires est devenue une nécessité pour des raisons sanitaires, économiques, législatives et environnementales. L'homme a créé des procédés d'épuration dont le but essentiel est l'élimination des matières organiques en solution et sous formes colloïdes et

la réduction ou l'élimination des charges microbiennes, en particulier les microorganismes pathogènes (Kesbi, 2016).

I.6. Procédés d'épuration des eaux usées

Les eaux usées des agglomérations peuvent être traitées par divers procédés qui reposent sur des phénomènes physiques, chimiques et biologiques, à des degrés d'épuration et à des coûts variables selon le niveau de qualité exigé par le milieu récepteur (Benzahi et Boudjemai, 2016).

Le processus d'épuration des eaux usées comprend plusieurs étapes :

- ✓ Les prétraitements ;
- ✓ Le traitement primaire ;
- ✓ Le traitement secondaire ;
- ✓ Le traitement tertiaire.

I.6.1. Prétraitements

Le prétraitement (figure 01) a pour objectif l'extraction des matières les plus grossières (brindilles, feuilles, tissus, ...) et des éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend (Halil et Mouloudj, 2018) :

a) Dégrillage

Le dégrillage consiste à retenir les objets trop volumineux et encombrants qui pourraient dégrader les pompes ou obstruer les canalisations. Les dégrilleurs sont habituellement implantés en tête de la station.

b) Relevage

La conception du poste de relevage d'une station de traitement des eaux usées est en grande partie similaire à la conception du poste de relèvement placé dans le réseau d'assainissement. Généralement le poste de relevage est équipé de pompes centrifuges.

c) Dessablage

Il a pour but d'extraire des eaux brutes, les sables, les graisses et les particules minérales plus ou moins fines en suspension ; de manière à éviter l'abrasion des pompes et conduites en aval. Les sables récupérés sont essorés et lavés, avant d'être envoyés en décharge ou réutilisés, selon la qualité du lavage.

d) Dégraissage-déshuilage

Effectuée dans le même bassin que l'étape de dessablage, la récupération des graisses et huiles se fait en surface. Les composés collectés seront alors incinérés (cas du traitement d'un effluent urbain) ou recyclés pour la fabrication de savons ou détergents (cas de certains effluents industriels) en fonction de leur qualité.

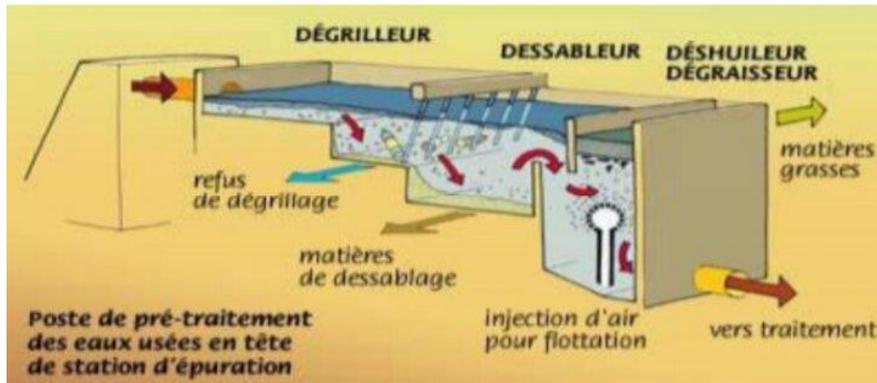


Figure 01 : Schéma d'un prétraitement dans une station d'épuration.

I.6.2. Traitement primaire

Le traitement primaire est destiné à l'élimination des matières en suspension facilement décantables. Le traitement des eaux est seulement physique ou éventuellement physico-chimique à travers un décanteur primaire (figure 02). Les eaux usées sont acheminées vers une cuve de sédimentation dans laquelle elles subissent une décantation primaire, afin d'éliminer les matières volumineuses en suspension (décantation physique). Par contre le traitement physico-chimique a pour but d'accélérer l'effet gravitationnel des particules encore en suspension dans les eaux usées grâce à l'action de réactifs chimiques ajoutés artificiellement (coagulants et flocculents) (Babou et M'zyene, 2018).

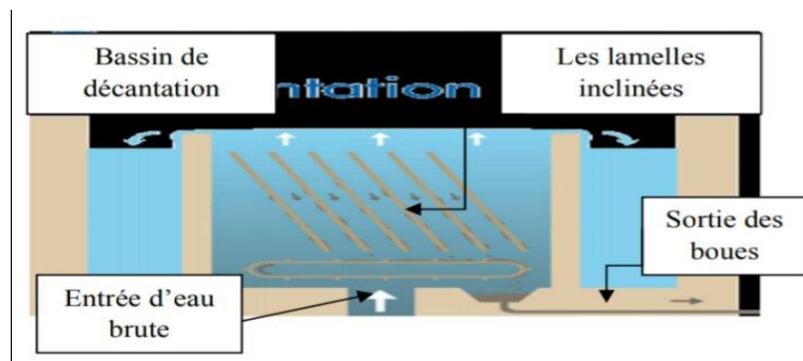


Figure 02 : Schéma d'un décanteur.

I.6.3. Traitement secondaire

Tous les traitements des eaux usées résiduaires urbaines sont basés sur le principe de l'épuration biologique ; ils consistent à reproduire et à intensifier les processus existants dans la nature : lorsque, dans un milieu naturel, il y a de la matière organique, les bactéries se chargent de la dégrader et de la réduire en éléments simples tout en augmentant leur biomasse. Ce développement bactérien peut être naturel, ou intensifié, accéléré par des apports supplémentaires de microorganismes et/ou d'oxygène (Habi et Haddad, 2019).

A. Traitement secondaire à cultures fixées

- **Lit bactérien**

Les lits bactériens, appelés aussi lits ou filtres à ruissellement ont été utilisés pour le traitement biologique des eaux usées depuis près de 100 ans. Ce sont des réacteurs biologiques à cultures fixées, non immergées, utilisant un matériau de contact traditionnel (pouzzolane, cailloux) (figure 03). Leur principe de fonctionnement est de faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement sur une masse de matériau (naturel ou plastique) servant de support aux micro-organismes, ces derniers sont fixés sur le support et ont pour rôle l'élimination des matières organiques par absorption des constituants solubles et en suspension (Boumediene, 2013).

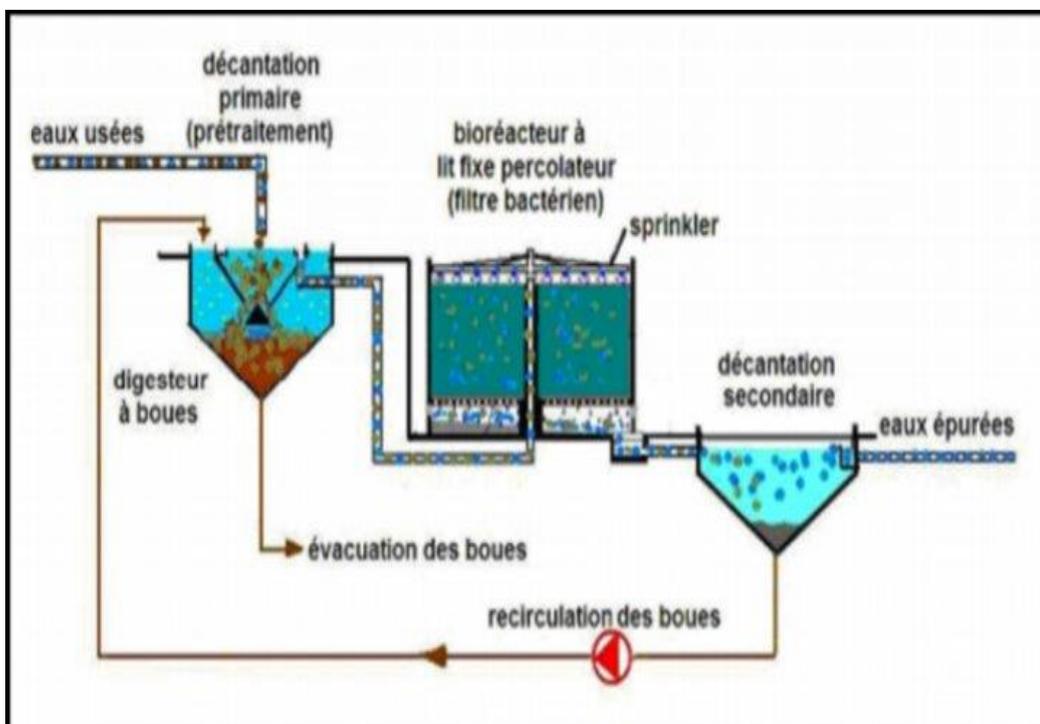


Figure 03 : Schéma d'un procédé à Lit bactérien.

- **Disque biologique**

C'est une autre technique faisant appel aux cultures fixées, elle est constituée de disques biologiques tournant (figure 04). Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée (Halil et Mouloudj, 2018).

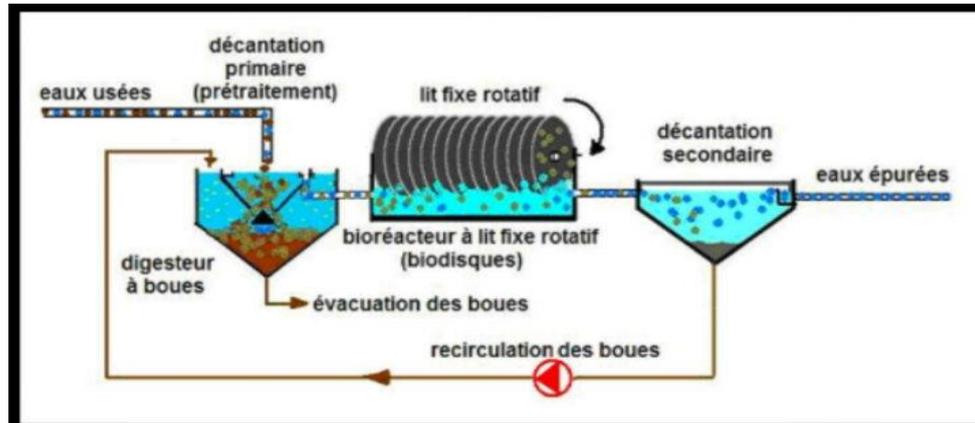


Figure 04 : Schéma d'un procédé disque biologique.

B. Traitement secondaire à cultures libres

- **Lagunage**

L'utilisation d'étangs naturels ou artificiels comme milieux récepteurs d'effluents bruts ou traités remonte à des temps anciens. On distingue des lagunes naturelles et aérées. Dans les lagunes naturelles, l'eau à épurer est stockée dans un bassin de faible profondeur. Des bactéries aérobies se développent et utilisent la pollution comme source de nourriture et aboutissent à la formation d'une boue activée dispersée. L'oxygène est fourni par l'activité photosynthétique d'algues. Le fond de la lagune est anaérobie. Les lagunes aérées sont un dispositif très proche des procédés à boues activées, où l'oxygène est apporté avec des aérateurs artificiels pour le maintien des conditions aérobies des bactéries épuratrices (Habi et Haddad, 2019).

- **Boues activées**

Principe très largement répandu dans l'épuration des eaux usées de plus grande taille, la boue activée est une culture libre dans un bassin aéré, suivi d'une clarification assurant la séparation des eaux épurées des boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel. Une partie des boues ayant sédimenté dans le clarificateur est acheminée vers le bassin d'aération pour

y maintenir la concentration voulue en microorganismes épurateurs. L'autre partie est extraite et envoyée sur la ligne de traitement des boues (lits de séchage, silos) (Boumediene, 2013 ; Berrahmoun, 2016).

I.6.4. Traitement tertiaire

Il s'agit d'un ou plusieurs traitements complémentaires qui améliorent un paramètre spécifique de la qualité de l'eau rejetée en vue de protéger le milieu récepteur dans une zone localement plus vulnérable. Parmi les traitements existants, nous pouvons citer (Renou, 2006) :

- **La désinfection** : elle est nécessaire lorsque les eaux usées traitées sont rejetées dans un milieu aquatique à usage balnéaire (plages, zones d'activités nautiques ou touristiques...). Aussi pour diminuer le risque de contamination humaine (prise d'eau potable, conchyliculture...). Pour éliminer les germes pathogènes, les techniques classiques sont utilisées (chloration, ozonation ou irradiation par rayonnement ultraviolet (UV)). Toutefois les composés chlorés se révèlent toxiques pour l'écosystème aquatique et le coût de l'ozone est élevé. C'est pourquoi le traitement privilégié est plutôt la désinfection par UV. Cette technique nécessite par ailleurs des eaux claires. Si la place le permet, le lagunage peut également être utilisé pour réduire la quantité de microorganismes pathogènes.
- **Les traitements de finition** : pour certains usages, il est conseillé d'atteindre des concentrations très basses en MES, en DBO₅, en DCO, en azote ou en phosphore. Plusieurs procédés peuvent alors être utilisés comme traitement d'affinage. L'avantage de mettre un traitement tertiaire est de pouvoir cibler les paramètres polluants à traiter et de dimensionner l'ouvrage en conséquence. C'est le cas de la filtration sur sable qui permet de réduire les MES. D'autres traitements comme la bio-filtration ou le lagunage peuvent également être employés. Enfin, pour les petites STEP, les lits d'infiltration/percolation jouent le rôle de filtres et de traitement biologique poussé.
- **Le traitement sur charbon actif** : il peut être intéressant pour l'élimination de certaines molécules résistantes aux traitements biologiques, bien souvent lorsque la STEP accueille des eaux industrielles. Il permet par exemple d'enlever la couleur et l'odeur de l'effluent.

Chapitre 2

II.1. Parasites

Les parasites sont des organismes qui vivent au dépend d'autres organismes, animaux ou végétaux, bactérien ou mycosique (champignons). Ils utilisent comme biotope un milieu vivant où se développent au sein d'un organisme hôte pour survivre : ils s'y nourrissent et s'y reproduisent. Ils constituent avec leurs hôtes des systèmes hôte/parasites complexes et sont régis par des interactions durables (Mebrouk et Merar, 2016).

II.2. Parasitisme

Le parasitisme est un schéma d'interaction universel dans la nature. Il décrit une relation symbiotique entre deux organismes dont l'un assure la fonction d'hôte, et l'autre, celle du parasite. Celui qui héberge le parasite lui apportant également la nourriture nécessaire à sa survie est l'hôte (Mebrouk et Merar, 2016).

II.3. Diversité parasitaire

Il existe une grande diversité dans le monde des parasites. Certaines règles en parasitologie nous permettent de les classer en fonctions de leur morphologie. Ils peuvent être macroscopique ou microscopique, intra ou extra cellulaire, sous forme larvaire ou adulte, mais aussi œuf, larve, vers et des formes résistantes (les kystes). On peut les classer aussi en fonction de leur biologie (mobilité, reproduction et métabolisme), ou encore qu'ils sont soit mâles, soit femelles, ou encore asexués (Delphine, 2015).

II.4. Classification des parasites

Les parasites appartiennent à des groupes zoologiques eucaryotes très variés : organismes unicellulaires de quelques micromètres, relativement simples (protozoaires) ; et organismes multicellulaires (helminthes, arthropodes). On distingue 4 groupes :

II.4.1. Protozoaires

Ce sont des êtres vivants microscopiques unicellulaires, eucaryotes, hétérotrophes inclus dans le règne de protistes (Moulinier, 2002). Les protozoaires, aussi bien libres que parasites, ont une structure qui se rapproche de celle de la cellule eucaryote (figure 05) et contiennent tous les organites observés chez les Métazoaires (noyau, réticulum endoplasmique, ribosomes, mitochondries, centrioles, appareil de Golgi, microtubules, flagelles, cils et lysosomes) (Benouis, 2012).

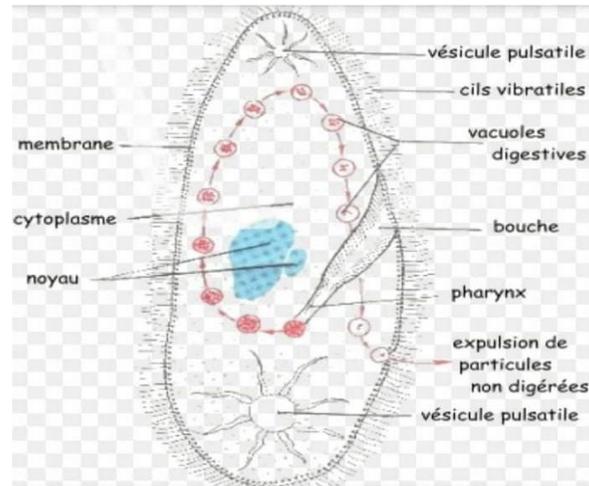


Figure 05 : Schéma de la structure d'un protozoaire, la paramécie (Delphine, 2015).

En fonction de l'appareil locomoteur, on distingue quatre classes : les rhizopodes, les flagellés, les ciliés et les sporozoaires (Tibila, 2015).

- **Classe des rhizopodes :** ils se déplacent à l'aide de pseudopodes (amibes surtout) : *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*.
- **Classe des flagellés :** ils se déplacent à l'aide de flagelles : *Trichomonas intestinalis*, *Giardia intestinalis*.
- **Classe des ciliés :** ils se déplacent à l'aide de cils vibratiles. Seul *Balantidium coli* possède un intérêt médical.
- **Classe des sporozoaires / Coccidies :** ils sont dépourvus d'appareil locomoteur différencié. Ce sont surtout : *Cryptosporidium spp.*

II.4.2. Helminthes

Les helminthes sont des parasites intestinaux, fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 10^3 germes/l. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs (Belkadi et Ouelhocine, 2019).

On distingue trois groupes :

- A. Nématodes :** Issus de l'embranchement des némathelminthes, ils sont responsables d'un grand nombre de parasitoses digestives et sanguines. Ce sont des vers ronds ayant une cavité générale libre avec un corps non segmenté. Leur tube digestif est complet, c'est-à-dire, composé d'une bouche et d'un anus. La respiration se fait par

diffusion au travers de la cuticule imperméable, percée de pores. Leur système nerveux est formé d'un anneau céphalique, qui se prolonge par un cordon nerveux ventral et un cordon nerveux dorsal (figure 06) (Delphine, 2015).

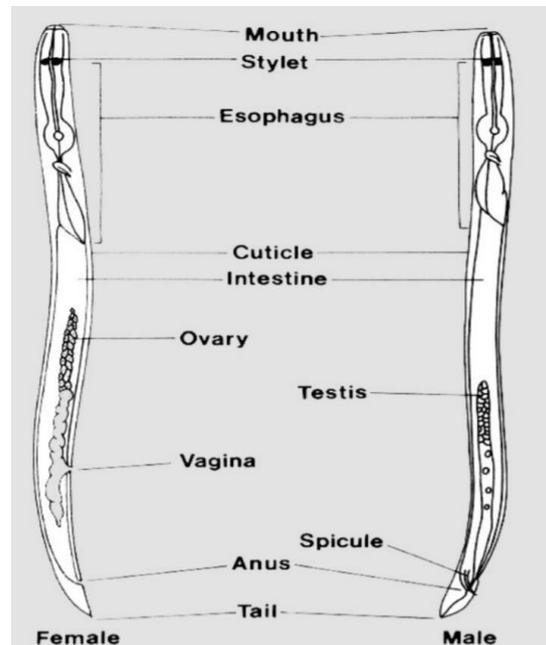


Figure 06 : Schéma comparatif de nématodes phytopathogènes, femelle et male (Dubois, 2019).

B. Cestodes : Les cestodes sont des plathelminthes endoparasites, dont l'hôte définitif est un vertébré. Leurs représentants les plus connus sont les ténias. Leur corps est composé de deux régions (Figure 07) (Delphine, 2015) :

- Le scolex (la tête) qui porte les éléments qui permettent d'adhérer à leur hôte : ventouse, crochets.
- Le strobile (le corps) qui est une succession d'éléments appelés proglottis dont la structure anatomique est toujours similaire.



Figure 07 : Morphologie de cestode (Delphine, 2015).

La croissance est assurée par une zone située sous le scolex. Les proglottis donnent un aspect annelé à l'ensemble de l'individu.

Les principaux parasites appartenant à ce groupe phylogénique les plus retrouvés chez l'homme sont (Delphine, 2015) : *Taenia solium*, *Taenia saginata*, *Hymenolepis nana* et *Diphyllobothrium latum*.

C. Trématodes : Les trématodes (figure 08) sont des vers plats à corps non segmenté pourvus d'un tube digestif sans anus et de ventouses (Guillaume, 2007). Chez les trématodes, nous observons deux grands groupes (Delphine, 2015) :

- Les douves : Hermaphrodites, ce sont des parasites des épithéliums, ayant des œufs operculés, embryonnés ou non qui pénètrent dans l'organisme par voie buccale (rôle de l'alimentation). Les formes infestantes sont généralement, les métacercaires enkystées sur des supports alimentaires.
- Les schistosomes : Vers à sexes séparés, parasites des endothéliums, les œufs sont embryonnés, non operculés, pourvus d'un éperon. Les larves infestantes sont des furcocercaires mobiles. Elles pénètrent l'organisme humain par voie transcutanée lors d'un contact avec l'eau douce contaminée.

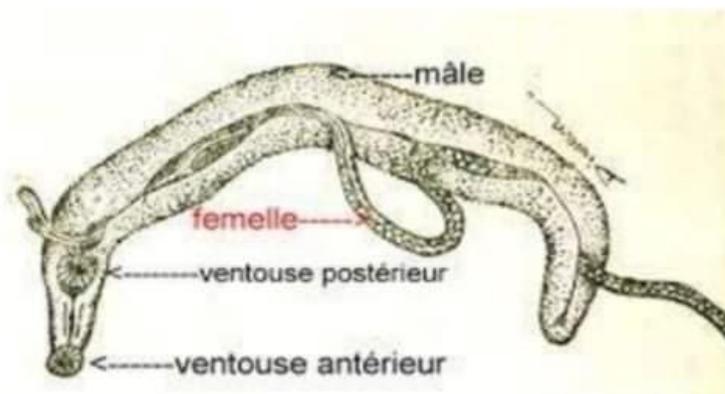


Figure 08 : Vers adultes de Schistosome en couple, mâle et femelle (Nivoarimana, 2017).

I.4.3. Fungi ou micromycètes

Ces derniers constituent un règne à part entière, ce sont des champignons microscopiques identifiés sous forme de spores isolées ou regroupées ou de filaments libres ou tissulaire (Ben Youcef et Labidi, 2017).

I.4.4. Arthropodes, mollusques, para-arthropodes ou annélides

Ce sont des métazoaires, pluricellulaires, possédant des tissus différenciés : Insectes, arachnides mollusques et crustacés, pouvant se présenter sous formes adultes mâles et femelles, œufs et larves (Ben Youcef et Labidi, 2017).

II.5. Cycle parasitaire

Le cycle parasitaire est l'ensemble des transformations obligatoires subies par un parasite pour passer d'une génération à la suivante, on distingue (Ben Youcef et Labidi, 2017) :

A. Cycle parasitaire direct (monoxène)

Le parasite va se développer entièrement chez le même individu (exemples : pou, sarcopte) ou en partie dans le milieu extérieur (exemples : ascaris, trichocéphale). Comme il n'y a qu'un seul hôte le parasite est dit monoxène (figure 08), un cycle parasitaire direct peut être court ou long (Ben Youcef et Labidi, 2017) :

- **Court** : il n'y a pas de passage obligatoire dans le milieu extérieur. Le parasite est directement infestant une fois le cycle terminé chez l'hôte, exemple : les poux, les oxyures.
- **Long** : Un des stades parasitaires doit obligatoirement subir une maturation dans le milieu extérieur pour devenir infestant, exemple : œufs d'ascaris, larve d'anguillule.

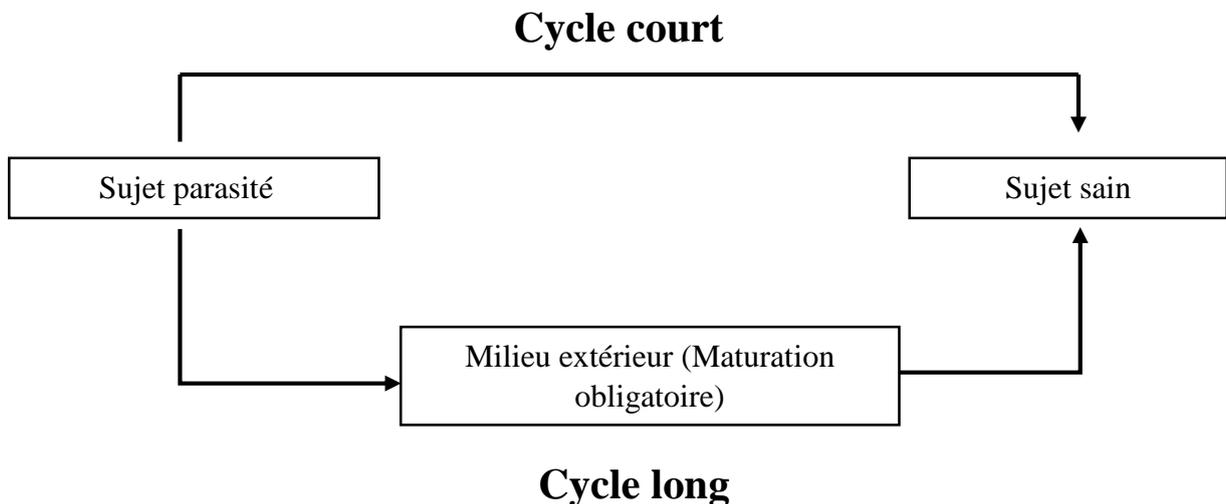


Figure 09 : Cycle parasitaire direct.

B. Cycle parasitaire indirect (hétéroxène)

Dans un cycle indirect, le développement du parasite n'est possible qu'aux dépens de plusieurs hôtes d'espèces différentes. Le cycle est dit hétéroxène (figure 09) (Ben Youcef et Labidi, 2017).

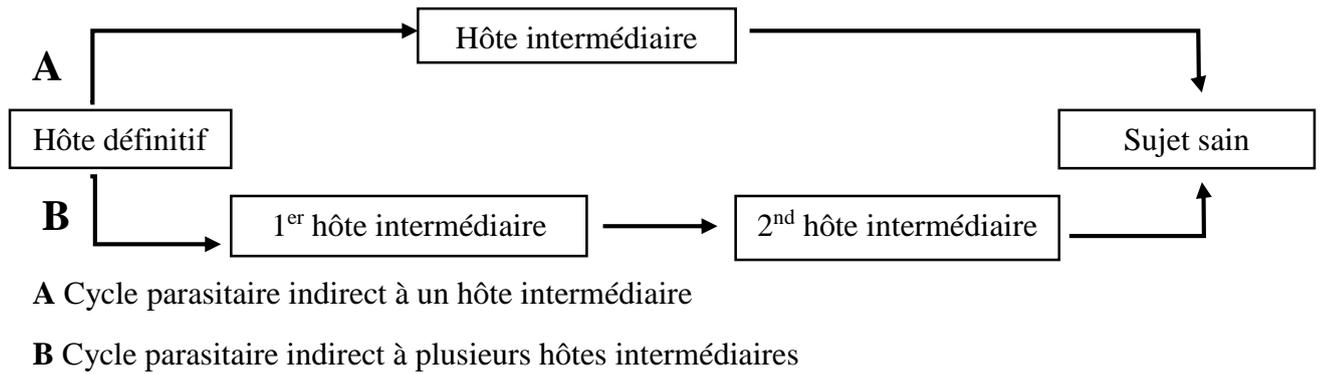


Figure 10 : Cycle parasitaire indirect.

II.6. Transmission des parasites

Les parasites peuvent aussi être distingués selon leur mode de transmission d'un hôte à l'autre. Un même parasite peut au cours de son cycle de vie utiliser plusieurs types de transmission. On distingue deux types de transmission : Transmission directe et Transmission indirecte (Julie, 2015).

A. Transmission directe

Elle peut elle-même être de deux types (Julie, 2015) :

- Horizontale : dans ce cas, la transmission a lieu de proche en proche. Le plus souvent via des excréta tels que la salive ou les mucosités (ex : virus de la rage, bacille de la tuberculose humaine). Parmi les contacts directs le contact vénérien désigne une transmission lors de contacts sexuels. Il est fortement lié au comportement de reproduction des espèces hôtes (ex : le VIH).
- Verticale : Elle correspond à la transmission d'une femelle à sa descendance. Elle peut alors être placentaire, trans-ovarienne, ou encore par voie d'allaitement (ex : pestivirus de la diarrhée virale bovine).

B. Transmission indirecte

Ce mode de transmission implique un intermédiaire (Julie, 2015) :

- L'environnement : dans ce cas, des éléments parasitaires sont excrétés dans le milieu extérieur et y restent jusqu'à la rencontre d'un nouvel hôte. La rencontre peut être active (ex : les tiques en tant que parasite, qui se déplacent dans l'environnement pour se positionner à l'affût d'un hôte) ou passive (ex : les salmonelles). L'environnement peut participer à la dispersion du parasite par exemple via le vent (ex : *Coxiella burnetti*, agent de la fièvre Q) ou l'eau (ex : *Vibrio cholerae*, agent du choléra).

- Les vecteurs mécaniques ou biologiques : ils sont des agents de transport des parasites d'un hôte source à d'autres hôtes potentiels. Le vecteur mécanique permet simplement le transport d'un parasite d'un hôte à un autre (ex : une seringue). Le vecteur biologique est le plus souvent un hôte intermédiaire (cycle hétéroxène) qui, en plus du transport, permet un changement de stade et/ou la multiplication non-sexuée (ex : intervention d'insecte hématophage du genre *Culicoïdes* dans la transmission de la fièvre catarrhale ovine). Dans le travail ci-après la notion de vecteur n'engage que le transport d'un parasite d'un hôte à un autre. Par exemple, dans le cas du paludisme (*Plasmodium* sp.), nous pourrions considérer l'anophèle (hôte définitif) comme le vecteur de la maladie pour l'homme, mais aussi l'homme comme vecteur du parasite pour l'anophèle.

Les modes de transmission des parasites jouent un rôle clé dans leur propagation et leur persistance. Ils influencent leur passage d'une population hôte à une autre et permettent d'expliquer une partie de leur répartition géographique. Ce point déterminant de l'histoire de vie des parasites est souvent utilisé à leurs dépens dans le développement de mesures de contrôle d'une maladie (Julie, 2015).

II.7. Parasites d'origine hydrique

La recherche des agents infectieux dans l'eau ne se limite plus à la recherche des bactéries. En effet suite à des épidémies parfois importantes, les parasites ont été identifiés et peuvent donc maintenant être recherchés dans les eaux. L'OMS a classé les parasites, en 2003 parmi les agents pathogènes émergents. Ce classement fait suite à l'observation d'une augmentation significative de cas d'épidémies d'origine hydrique liées aux parasites à travers le monde (Babou et M'zyene, 2018).

II.7.1. Parasites pathogènes dans les eaux usées

Les eaux usées urbaines sont susceptibles de renfermer et de véhiculer une grande variété d'agents pathogènes pour l'homme (virus, bactéries et parasites). Les organismes pathogènes présents dans les eaux usées d'une collectivité, en reflètent l'état sanitaire. Ainsi, le nombre et la variété de parasites retrouvés dans les eaux usées (tableau 01) sont liés au niveau d'infestation de la population humaine et /ou animale desservies car la plupart des parasites sont excrétés dans le milieu extérieur sous forme de kystes ou d'œufs éliminés avec les matières fécales (Bouhoum *et al*, 1997).

Tableau 01 : Parasites pathogènes dans les eaux usées (Baumont *et al*, 2004).

Organisme	Symptômes, maladie	Nombre pour un litre	Voies de contamination principales
Protozoaires			
Entamoeba histolytica	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
Giardia lamblia	Diarrhée, malabsorption	125 à 100 000	Ingestion
Cryptosporidium	Diarrhée	0,3 à 122	Ingestion
Toxoplasma gondii	Toxoplasmose : ganglions, faible fièvre		Inhalation / Ingestion
Helminthes			
Ascaris	Ascariase : diarrhée, troubles nerveux	5 à 111	Ingestion
Tænia	Diarrhée, douleurs musculaires		Ingestion de viande mal cuite
Trichuris	Diarrhée, douleur abdominale	10 à 41	Ingestion
Hymenolepis	Nervosité, troubles digestifs, anorexie		Ingestion

II.7.2. Parasitoses à transmission hydrique

Les parasitoses hydriques sont les maladies parasitaires transmises par l'eau. On peut les classer comme suite :

- Parasitoses du péril fécal
- Parasitoses dues aux parasites portés par des hôtes intermédiaires aquatiques
- Parasitoses causées par des insectes vecteurs qui se reproduisent dans l'eau

A. Amibiase

Selon l'OMS, l'amibiase ou amoebose, est une maladie infectieuse due à un protozoaire microscopique, parasite hématophage spécifique de l'homme, dénommé *Entamoeba histolytica* (Saidani et Hammadi, 2017).

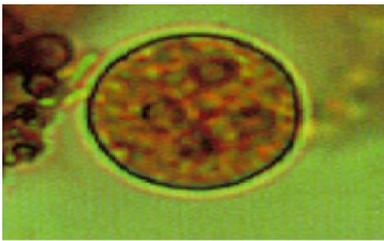
Entamoeba histolytica, c'est un protozoaire formant des pseudopodes appartenant à la super classe des Rhizopodes. Ce dernier se présente sous trois formes (Benhalima, 2019) :

➤ Une forme kystique :

C'est la forme de résistance et de dissémination car les kystes sont éliminés dans les selles (figure 11 (a)). Son portage traduit l'amibiase infestation. A ce stade-là, il est impossible de différencier morphologiquement *Entamoeba histolytica* (forme pathogène) d'*Entamoeba Dispar* (forme non pathogène) ;

➤ **Deux formes végétatives ou trophozoïtes :**

- La forme minuta, non pathogène et non hématophage qui traduit l'amibiase infection ou portage asymptomatique (Figure 11 (b)) ;
- La forme histolytica, hématophage, pathogène qui traduit l'amibiase maladie, caractérisée par son potentiel invasif et cytotoxique. C'est la présence d'une ou plusieurs hématies dans l'amibe, sa mobilité et sa taille qui permettent d'affirmer le diagnostic d'amibiase à *Entamoeba histolytica* (Figure 12).



(a)



(b)

Figure 11 : (a) Kyste *Entamoeba histolytica/dispar* à 4 noyaux et (b) Trophozoïte d'*Entamoeba Histolytica minuta/dispar* (Toudert et Yosri, 2015).

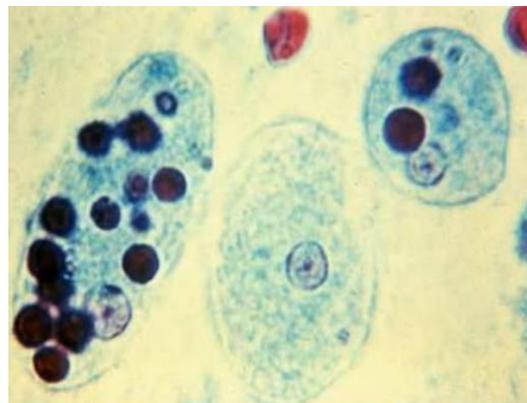


Figure 12 : Trophozoïte d'*Entamoeba Histolytica* phagocytant des hématies

(Toudert et Yosri, 2015).

Les facteurs permettant le passage de la forme minuta à la forme histolytica ne sont pas encore tous connus. Des études ont démontré que certains génotypes du parasite entraînent une plus forte probabilité d'apparition de la maladie. Notamment, il a été démontré l'implication de certains gènes dans le passage à la forme histolytica. Ces gènes ont été retrouvés de façon plus répétée chez les souches les plus virulentes d'*Entamoeba Histolytica* (Benhalima, 2019).

B. Giardiose

La giardiose humaine est la parasitose intestinale la plus répandue dans le monde. Elle est due à un protozoaire flagellé, *Giardia duodenalis* (ou *Giardia intestinalis*, anciennement *Giardia lamblia*) C'est une des étiologies parasitaires du syndrome de malabsorption intestinale (Toudert et Yosri, 2015). *Giardia intestinalis* est un protozoaire flagellé qui colonise surtout la partie duodénale de l'intestin. Il doit obligatoirement parasiter un hôte pour compléter son cycle de vie qui comprend deux formes : La forme végétative ou trophozoite, qui est responsable de la maladie et qui est fragile en dehors de l'hôte et la forme kystique qui est responsable de la contamination et la survie dans le milieu extérieur (El Hammoumi, 2019).

- **La forme végétative (FV) ou trophozoite**

C'est un protozoaire piriforme. Il mesure 6 à 10 µm de largeur sur 10 à 20 µm de longueur. Il présente un corps aplati dans le sens transversal donnant une symétrie bilatérale par rapport à un axe médian représenté par l'axostyle. Cette forme est concave en antérieur et convexe en postérieur. Elle possède deux noyaux, deux corps para basaux en virgule et quatre paires de flagelles responsables des mouvements caractéristiques dit « en chute de feuille » (figure 13). Les trophozoites adhèrent, de façon temporaire et réversible, à la muqueuse intestinale grâce à un disque ventral : étape importante dans la physiopathologie de la Giardiose (El Hammoumi, 2019).



Figure 13 : Trophozoïte de *Giardia intestinalis* (Toudert et Yosri, 2015).

- **La forme kystique**

Le kyste de *Giardia intestinalis* est une forme de résistance ovoïde mesurant 8 à 10 u de diamètre. Il est constitué d'une paroi épaisse donnant un aspect en double contour (figure 14). Il renferme des flagelles groupés en un faisceau réfringent dans son axe longitudinal.

L'enkystement se fait après la réplication du parasite, le kyste contient donc quatre noyaux. Cet enkystement se fait dans le jéjunum probablement sous l'action du suc biliaire (El Hammoumi, 2019).

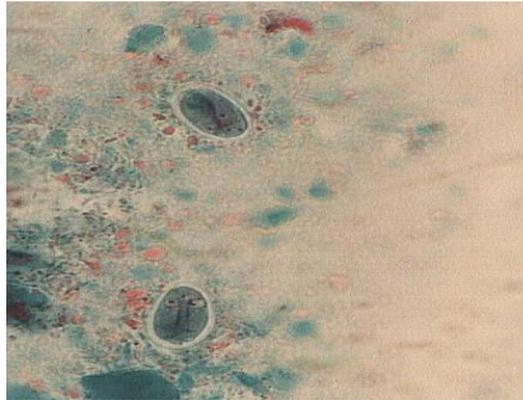


Figure 14 : kystes de *Giardia intestinalis* (El Hammoumi, 2019).

C. Ascariidiose

L'ascaridiose est l'helminthiase la plus répandue dans le monde, surtout dans les régions tropicales où les conditions de chaleur et d'humidité favorisent la maturation des œufs. La dispersion du parasite est due à la pollution fécale des eaux et du sol (Belkadi et Ouelhocine, 2019). L'ascaridiose est causée par un ver rond de grande taille, strictement humain, *Ascaris lumbricoides*. Elle est fréquente dans les pays tropicaux à hygiène insuffisante, de plus en plus rare dans les pays tempérés (ANOFEL, 2014). Ce dernier se présente sous deux formes :

➤ Adulte

Les ascaris adultes (figure 15) vivent de 6 à 18 mois dans le jéjunum où ils ingèrent les particules alimentaires. Ils migrent facilement et peuvent se retrouver dans différents viscères. Les mâles mesurent de 12 cm à 17 cm de long et de 2 à 4 mm de diamètre ; leur extrémité est recourbée en crosse. Les femelles mesurent de 20 à 25 cm et de 3 à 6 mm de diamètre (ANOFEL, 2014).

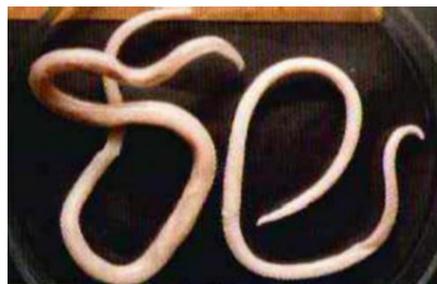


Figure 15 : Adulte d'*Ascaris lumbricoides* (mâle et femelle) (Bouyakoub et Mezidi, 2018).

➤ **Œuf**

Vers ronds de couleur blanc rosé, dans les deux sexes la bouche a trois lèvres. La femelle mesure de 20 à 25 cm de long sur 3 à 6 mm de diamètre. L'extrémité caudale est droite et pointue (figure 16) (Lazrag et Djelali, 2019).

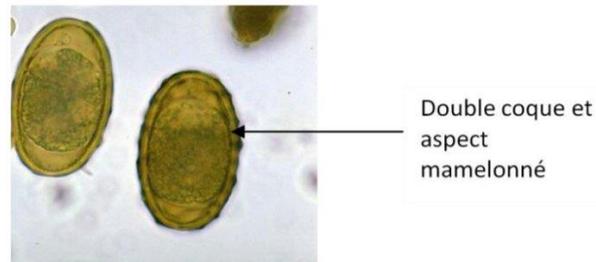


Figure 16 : Œuf d'*Ascaris lumbricoides* (Lacherez, 2017).

D. Oxyurose

L'oxyurose est due à la présence dans l'intestin d'*Enterobius vermicularis*. Les oxyures sont des vers ronds (nématodes) blanchâtres mesurant de 5 mm (mâles) à 1 cm (femelles) de long. Présente partout dans le monde, très contagieuse, cette nématodose peut avoir un retentissement clinique essentiellement chez l'enfant (Durand *et al*, 2005). *Enterobius vermicularis* se trouve sous deux formes :

➤ **Adulte**

C'est des petits vers blanc laiteux dont la tête contient une vésicule céphalique. La bouche est entourée de trois lèvres cornées. Ils sont filiformes et très mobiles. Le mâle mesure 2 à 5 mm de long et 0,2 mm de diamètre avec une partie postérieure spiralée (figure 17). Alors que la femelle mesure 9 à 13 mm de long sur 0,3 à 0,5 mm de large possède une queue pointue occupant le tiers de la longueur totale du corps (Hadj Mohammed et Mohammedi, 2017).



Figure 17 : *Enterobius vermicularis* adulte mâle (Bouyakoub et Mezidi, 2018).

➤ **Œuf**

Les œufs sont ovalaires, mesurant 50 à 60 µm de long sur 30 à 32 µm de large. Leurs coque est épaisse, lisse, à double contour avec une face aplatie qui leur donne un aspect asymétrique très caractéristique (figure 18) (Hadj Mohammed et Mohammedi, 2017).



Figure 18 : Œufs d'*Enterobius. Vermicularis* (Paul et Benjamin, 2012).

E. Téniasis

Les téniasis sont des parasitoses dues à diverses espèces de cestodes, vers plats segmentés, qui parasitent l'homme à l'état adulte ou à l'état larvaire. Les vers sont hermaphrodites (Nanfah Woda, 2008). Il existe deux espèces de vers plats de la classe des cestodes responsables du taeniasis : *Taenia saginata*, dit aussi ténia du bœuf, dont l'infection est peu symptomatique chez l'homme et *Taenia solium*, dit aussi ténia du porc, dont la dissémination des larves dans l'organisme peut provoquer la cysticercose (Durand *et al*, 2005).

E.1. *Taenia saginata*

C'est un parasite cosmopolite transmis par le bœuf.

- **Adulte** : mesure de 5 à 10 mètres, émet des anneaux qui se détachent de l'extrémité postérieure, et d'un scolex qui mesurant de 1 à 2 mm, muni de 4 ventouses (figure 19) (Bouyakoub et Mezidi, 2018).



Figure 19 : Adulte de *Taenia saginata* (Hadj Mohammed et Mohammedi, 2017).

- **Les œufs** : de couleur brun sombre, radiées, résistantes, délimitant un embryophore de 30 à 40 μm x 20 à 30 μm contenant un embryon muni de 3 paires de crochets (figure20) (Bouyakoub et Mezidi, 2018).



Figure 20 : Œuf de *Taenia saginata* (Nanfah Woda, 2008).

E.2. *Taenia solium*

C'est un ver plat dont les larves se trouvent dans la viande de porc. Sa taille varie de quelques millimètres à plusieurs mètres (3 m). Il présente, à son extrémité antérieure, un scolex muni de 4 ventouses proéminentes et de 700 à 1000 proglottis. Il possède 2 couronnes-crochets qui lui servent d'organes de fixation sur la muqueuse de l'intestin grêle (figure 21). Il est exceptionnellement très rare dans les pays musulmans (Bouyakoub et Mezidi, 2018).

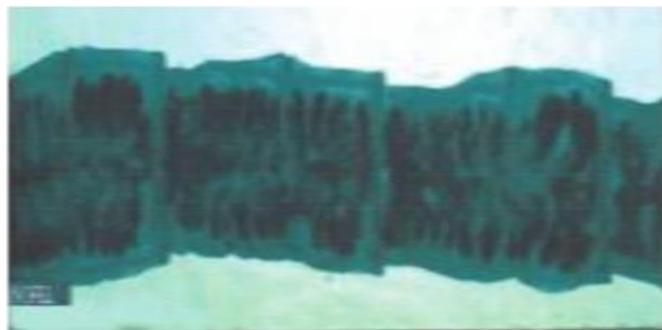


Figure 21 : Adulte de *Taenia Solium* (Hadj Mohammed et Mohammedi, 2017).

F. Fasciolose

La fasciolose, aussi nommée distomatose hépatique, est due à la « grande douve du foie », *Fasciola hepatica*. Cette parasitose est responsable d'atteintes graves du foie et des voies biliaires (Paul et Benjamin, 2012). La grande douve du foie *Fasciola hepatica*, est un trématode hermaphrodite, parasite normal du bétail, qui peut accidentellement évoluer dans les canaux biliaires de l'homme en déterminant la Fasciolose ou Distomatose hépatique cosmopolite (Dani et Saib, 2017). Ce parasite se présente sous deux formes (Dani et Saib, 2017) :

- **Adulte**

L'adulte est de couleur beige rosé, mesure de 20 à 30 mm, foliacé avec un cône céphalique antérieur (figure 22).



Figure 22 : *Fasciola hépatica* adulte (Merdas Ferhati, 2015).

- **Œuf**

Les œufs sont ovoïdes, operculés, bruns jaune et mesurent 130 à 150 μm de long x 63 à 90 μm de large. Ils sont immatures lors de la ponte (figure 23).



Figure 23 : Œuf de *Fasciola hepatica* (Paul et Benjamin, 2012).

Chapitre 3

Suite aux conditions sanitaires relatives à cette période de pandémie mondiale (covid 19), les résultats expérimentaux que nous avons utilisés pour notre étude sont retirés des travaux des mémoires de nos camarades des promotions précédentes à savoir :

- (Hamek et Mokrane, 2018), dont le travail a été réalisé durant deux mois (Mars-Avril) sur « l'évaluation de la qualité des eaux usées brutes et traitées de la STEP de la ville de TIZI-OUZOU ».
- (Babou et M'zyene, 2018), dont le travail a été réalisé durant trois mois (Février-Mars-Avril) sur « Le suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux brutes et traitées de la STEP Est de Tizi-Ouzou ».
- (Belkadi et Ouelhocine, 2019), dont le travail a été réalisé durant trois mois (Avril-Mai-Juin) sur « Impact des rejets de la STEP Est de Tizi-Ouzou sur la contamination parasitologique de la ressource hydrique du moyen Sébaou destinée pour l'AEP ».

1. Objectif de l'étude

Cette étude est une appréciation des caractéristiques parasitologiques des eaux usées épurées de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou et l'observation microscopique de la microfaune pour estimer l'efficacité du traitement adopté à la réduction de la charge parasitaires et vérifier la non dangerosité de leur rejet en milieu naturel.

2. Présentation de la zone d'étude

La station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou a été conçue au début des années 90 et a été mise en marche en 2000 (figure 24). Elle est d'une capacité de 120 000 équivalents habitants, conçue pour épurer les eaux usées urbaines afin de protéger le milieu récepteur, en l'occurrence l'Oued Sebaou. Elle est située à 3 Km à l'Est de la ville de Tizi Ouzou, au lieu-dit Pont de bougie.

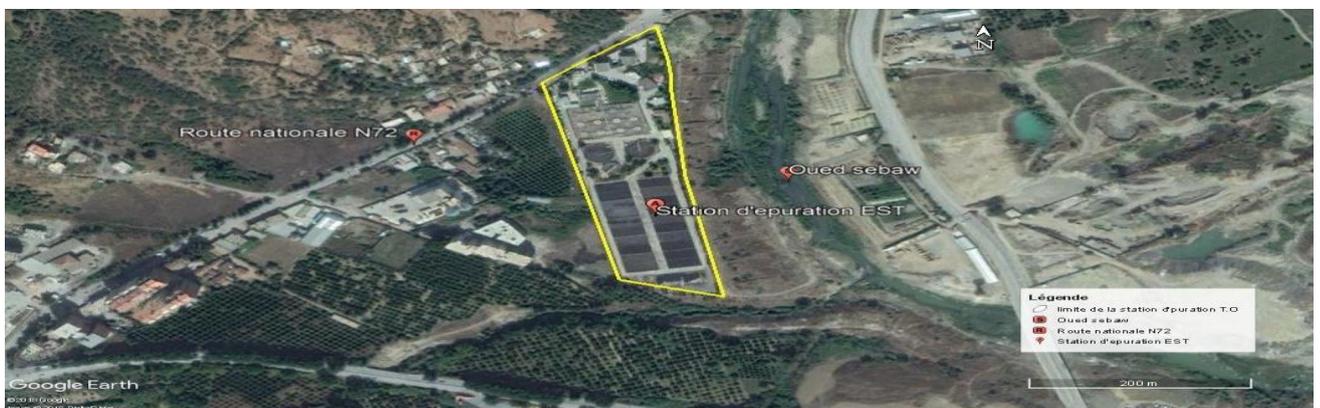


Figure 24 : vue satellitaire de la station d'épuration de pont de bougie Tizi-Ouzou

(Google earth, 2020).

2.1. Fiche technique de la station

Les caractéristiques techniques de la STEP Est de Tizi-Ouzou sont présentées dans le tableau 02 :

Tableau 02 : Caractéristique techniques de la STEP Est de Tizi Ouzou

(Benzahi et Boudjemai, 2016).

Désignation	Valeurs
Type de réseau	Unitaire
Nature des brutes	Domestiques
Population raccordée	120 000 EH
Charge hydraulique	
Débit journalier en temps sec	18 000 m ³ /j
Débit moyen journalier	750 m ³ /h
Débit de pointe en temps sec	1260 m ³ /h
Débit de pointe en temps de pluie	2250 m ³ /h

2.2. Fonctionnement de la STEP

La STEP fonctionne selon le procédé d'épuration à boue activée à moyenne charge. Les eaux traitées par la STEP sont les eaux domestiques de la ville et du centre-ville de Tizi Ouzou qui sont collectées dans un réseau unitaire et acheminées vers l'usine d'épuration (figure 25).

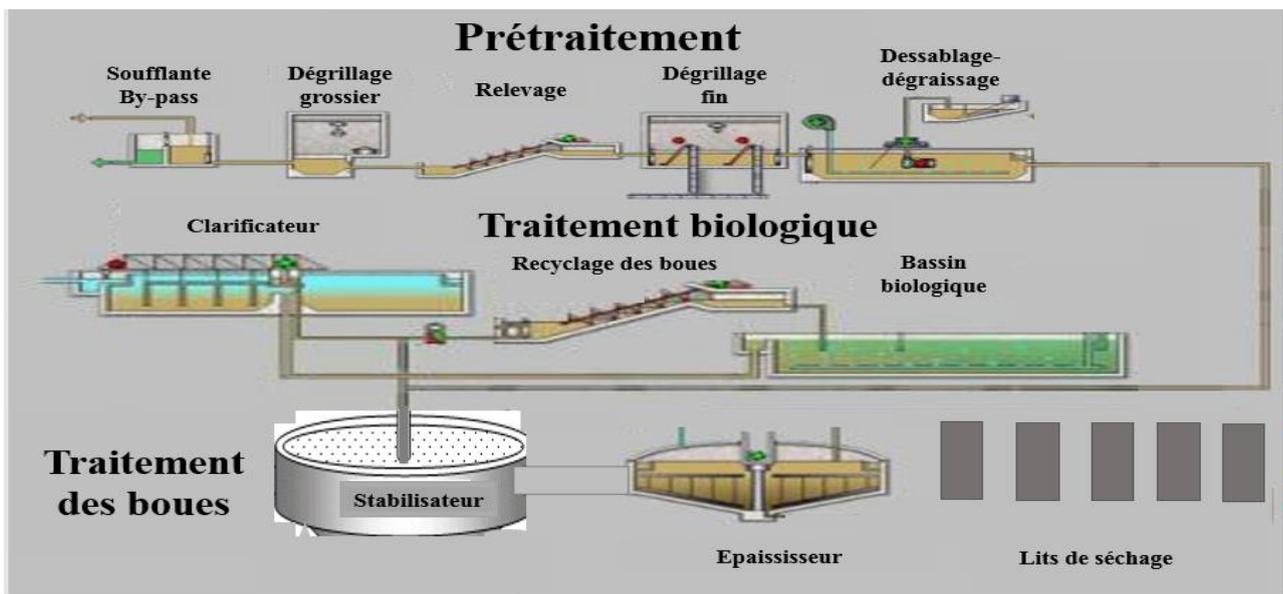


Figure 25 : schéma global du fonctionnement de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La chaîne d'épuration comporte un prétraitement assuré par un dégrillage grossier et fin, qui permettent de retenir tous les déchets qui sont récupérés et acheminés vers le centre d'enfouissement technique CET. Ces eaux sont ensuite acheminées vers un bassin de dessablage-dégraissage, où l'eau et les sables sont séparés par décantation. Les sables sont ensuite récupérés à l'aide d'une vis sans fin et misent en décharge, les huiles et les graisses sont éliminées par raclage en surface.

Après les prétraitements, ces eaux subissent un traitement secondaire dans deux grands bassins d'aération d'une capacité unitaire de 3250 m³, en présence des cultures bactériennes libres développées à l'intérieur des bassins (boues activées). La liqueur mixte est envoyée vers un clarificateur d'un volume de 2550 m³. Cette étape permet la séparation des eaux épurées des boues, l'eau épurée est déversée dans l'oued sébaou, tandis qu'une partie des boues est envoyée vers le bassin d'aération pour maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices, l'autre partie est évacuée vers le stabilisateur. L'autre partie est acheminée vers un épaisseur d'un volume de 740 m³, afin d'éliminer au maximum l'eau et diminuer le volume des boues. Enfin, ces dernières sont envoyées vers les lits de séchages où elles séjournent entre 20 à 24 jours.

3. Matériel et méthodes

3.1. Prélèvements

Les prélèvements de l'eau usée traitée ont été réalisés à la sortie de station d'épuration Est de la ville de Tizi Ouzou ; les analyses parasitologiques ont été effectuées au sein du laboratoire de traitement des eaux de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, pour :

- (Hamek et Mokrane, 2018), l'échantillonnage est effectué, de la période allant du 29/03/2018 jusqu'au 07/04/2018, Chaque échantillon d'un volume de 1l a été recueillis dans une bouteille en verre préalablement stérilisée, l'échantillon est transporté au frais au laboratoire de la faculté dans une glacière.
- (Babou et M'zyene, 2018), les prélèvements ont été fait à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou, dans des flacons stériles.
- (Belkadi et Ouelhocine, 2019), les prélèvements ont été effectués du 14 Avril au 30 juin 2019 ; plusieurs prélèvements ponctuels ont été effectuées, à raison d'une fois par mois

et au même moment de la journée, entre 9 h et 11 h du matin dans des bouteilles en verre stériles, puis transporter dans une glacière (à 4°C) au laboratoire, afin d'être analysé.

3.2. Matériel et produits utilisés

- Logiciel (futur Win Joe)
- Lames et lamelles
- Pipettes pasteur
- Bouteille pour l'eau prélevée
- Centrifugeuse
- Lugol à 1%
- Filtre de 0.22 µm
- Microscope photonique
- Tubes à centrifuger à fond conique
- Gants en plastique
- Caméra
- Appareil de filtration

3.3. Mode opératoire

D'après les modes opératoires utilisés, on distingue deux méthodes de concentration des parasites de l'eau utilisées dans ces études :

A. Filtration sur membrane

- Agiter le flacon d'eau pour l'homogénéiser.
- Filtrer l'eau en le faisant passer dans l'appareil de filtration (figure 27) à travers un filtre de 0.22µm.
- Déposer une goutte d'eau physiologique sur une lame.
- Racler à l'aide d'une anse la surface du filtre puis le déposer sur la lame.
- Étaler le culot de concentration prélevé tous le long de la lame.
- Ajouter une goutte du lugol à 1 %.
- Recouvrir avec une lamelle.
- Lire au grossissement (G ×10) et (G×40) en faisant des mouvements en zig zag.

Pour une meilleure visualisation des parasites, un microscope photonique muni d'une caméra a été utilisé et avec le logiciel appelé futur Win Joe (figure 26) les images des parasites ont été enregistrées.



Figure 26 : Microscope photonique connecté à l'ordinateur et l'outil de la caméra.



Figure 27 : Appareil de filtration sur membrane « Sartorius ».

B. Concentration avec centrifugeuse

- Agiter le prélèvement d'eau, puis laisser décanter 8 à 12 heures.
- Transférer la totalité de sédiment dans des tubes à centrifuger.
- Centrifuger 15 minutes à 1000 tours/min (figure 28).
- Reprendre le culot de centrifugation, à l'aide d'une pipette prélever du culot et bien l'étaler sur une lame.
- Ajouter quelques gouttes du lugol et observer au microscope photonique au grossissement faible (X10) puis moyen (X40).



Figure 28 : Centrifugeuse.

Chapitre 4

Résultats et discussion

L'identification des parasites observés dans les effluents secondaires de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou s'est faite en comparant avec le catalogue de parasitologie de Guillaume, 2007 (Annexe1).

L'identification des parasites a été effectuée aux grossissements 100 et 400 (en repérage), soit à l'état frais (montage d'une goutte du culot entre lame et lamelle), ou en ajoutant une goutte de Lugol pour la fixation des parasites. L'observation microscopique a été basée sur la taille, la forme et le contenu des cellules parasitaires en accord avec les descriptions bibliographiques. La recherche parasitologique dans l'effluent secondaire réalisée par nos camarades a permis de mettre en évidence la présence des protozoaires et des helminthes. Les résultats sont présentés dans le (tableau 03) suivant :

Tableau 03 : Tableau récapitulatif des parasites identifiés dans l'effluent secondaire de la STEP Est de Tizi Ouzou (Hamek *et al*, 2018 ; Babou *et al*, 2018 ; Belkadi *et al*, 2019).

Règne	Classe	Parasites	(Babou et M'zyene)	(Hamek et Mokrane)	(Belkadi et Ouelhocine)
Protozoaires	Flagellé	<i>Giardia duodenalis</i>	+	+	+
	Amibe	<i>Entamoeba coli</i>	+	-	-
		<i>Entamoeba histolytica</i>	+	+	+
		<i>Dientamoeba fragilis</i>	-	-	+
	Coccidies	<i>Encephalitozoon cuniculi</i>	-	-	+
		<i>Cryptosporidium</i>	-	-	+
Helminthes	Nématodes	<i>Ascaris lumbricoïde</i>	-	-	+
		<i>Toxocara canis</i>	-	-	+
		<i>Oxyure</i>	-	-	+
		<i>Trichuris trichuria</i>	-	-	+
		Anguillule	-	-	+
		Larves de nématodes	+	+	-
	Cestodes	<i>Teania</i>	+	-	+
		<i>Hymenolepis nana</i>	-	-	+
		<i>Echinococcus granulosus</i>	-	-	+
	Trématodes	Cristaux de Charcot leyden	-	-	+
		<i>Fasciola hepatica</i>	+	+	+
		<i>Dicrocoelium dentriticum</i>	+	-	-

(+) présent ; (-) absent.

Les trois études réalisées qui avaient pour but la recherche et l'identification des formes parasitaires susceptibles d'être présentes dans les effluents secondaires de la Step Est de la ville de Tizi Ouzou, nous confirment la présence de diverses espèces parasitaires.

L'examen microscopique de ces échantillons a permis de mettre en évidence 18 différents taxons de parasites, sous forme d'œufs ou de kystes appartenant respectivement aux Helminthes et aux Protozoaires. Cette diversité peut être liée aux différents composants organiques que drainent les effluents bruts, cette diversité a été aussi rapportée par les études de Stott *et al*, 1997.

Les résultats ont permis de mettre en évidence des kystes de protozoaires qui sont représentés par les Amibes : *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica* et *Dientamoeba fragilis*, par la présence des flagellés de *Giardia duodenalis* et les coccidies d'*Encephalitozoon cuniculi* et *Cryptosporidium*.

Aussi la présence d'helminthes qui sont présentés par les nématodes : *Ascaris lumbricoide*, *Toxocara canis*, *Oxyure*, *Trichuris trichuria*, larve de nématodes et *Anguillule*.

Par les cestodes : *Teania*, *Hymenolepis nana*, *Echinococcus granulosus*. Par les trématodes : *Cristaux de Charcot leyden*, *Fasciola hepatica* et *Dicrocoelium dentriticum*.

Les résultats obtenus dans ces études concordent avec ceux de l'OMS (1989) qui stipulent que l'abondance des parasites en période chaude est due aux conditions de température, d'humidité et de rayonnement solaire favorable à la maturation de ces parasites.

Selon Faby (1997), une épuration biologique (boues activées puis bassin de clarification) permet d'éliminer 90 % des virus, 60 à 90 % des bactéries, mais par contre a peu d'effet sur les kystes de protozoaires et les œufs d'helminthes.

Les protozoaires pathogènes sont présentés par :

- Les Amibes, d'*Entamoeba histolytica* (figure 30) et *Entamoeba coli* (figure 29) qui représentent un excellent témoin de la contamination fécale causant la parasitose de l'amibiase. Les études de shuval *et al*, 1986, sur les kystes d'*Entomoeba histolityca* montrent qu'ils peuvent survivre ente 15 à 30 jours dans les eaux usées.

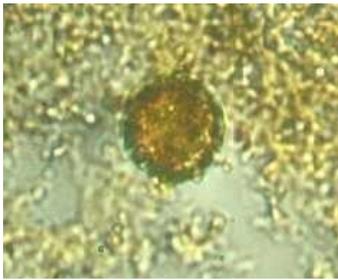


Figure 29 : G×40 kyste d'*Entamoeba coli*

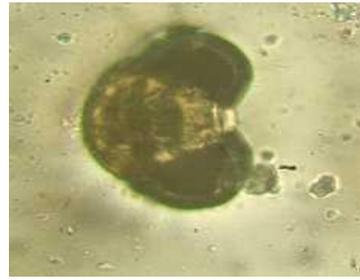


Figure 30 : G×40 Forme végétative d'*Entamoeba histolytica*

Le *Dientamoeba fragilis* (figure 31) a été considéré comme parasite non pathogène, cependant ces dernières années et grâce à de nouvelles recherches plus poussées, il a été mis en évidence l'existence d'une corrélation entre divers symptômes abdominaux (principalement une diarrhée intermittente, du météorisme et une douleur abdominale spasmodique) chez des malades porteurs de *Dientamoeba fragilis*, et la disparition de ces symptômes après traitement spécifique (OMS, 1982).



Figure 31 : G×40 Forme végétative de *Dientamoeba fragilis*

- La présence des flagellés de *Giardia duodenalis* (figure 32) qui colonisent surtout la partie duodénale de l'intestin, provoquant des nausées, diarrhée, douleurs abdominales, maux de tête, malaises généraux et une plus grande irritabilité (OMS, 1982). La parasitose qui est due à ce parasite est nommée la giardiose. C'est la parasitose la plus répandue dans le monde. La durée de survie de ce parasite dans les eaux usées est de 25 jours (Faby *et al*, 1997).

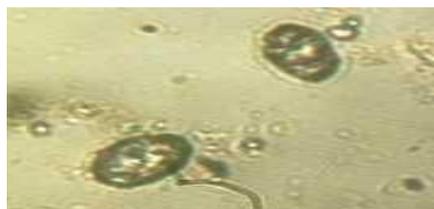


Figure 32 : G×40 Kyste de *Giardia duodenalis*

- Les coccidies, comme *Encephalitozoon Cuniculi* et *cryptosporidium parvum* (figure 33), ce dernier est un parasite ubiquiste et peu spécifique, capable d'infecter de nombreuses espèces de mammifères, dont l'espèce humaine. Ce parasite provoque la parasitose de cryptosporidiose dont le symptôme principal est une diarrhée aqueuse. Les oocystes de *cryptosporidium* peuvent rester viables et infectieux dans l'eau pendant plusieurs mois à des températures comprises entre 0 et 30 °C (Xavier, 2001 ; Derouin *et al*, 2002).



Figure 33 : G×40 *Cryptosporidium*

L'*Encephalitozoon Cuniculi* (figure 34), est un parasite qui provoque la maladie d'encéphalitozoonose qui touche majoritairement le lapin, cette zoonose peut être transmise à l'homme surtout les personnes immunodéprimées. Les spores d'*Encephalitozoon Cuniculi* sont généralement retrouvés dans l'urine et les matières fécales, ces spores peuvent résister dans l'environnement 3 à 6 semaines à température ambiante, leur contact avec l'eau a été identifié comme un facteur de risque dans plusieurs études épidémiologiques (Beaurin, 2006).



Figure 34 : G×40 *Encephalitozoon cuniculi*

Les œufs d'helminthes identifiés appartiennent aux classes des nématodes, cestodes et trématodes. La présence d'œufs d'helminthes parasites est un indicateur d'une contamination fécale véhiculée par les eaux usées. Les helminthes identifiés dans nos études sont en accord avec les observations de plusieurs auteurs comme Stien *et al*, 1987 ; Sylla *et al*, 2008 ; Benel harkati *et al*, 2012 ; El Guamri *et al*, 2007.

La présence des nématodes intestinaux et particulièrement *Ascaris sp* dans les eaux usées est considérée comme un risque majeur pour la santé et pour la réutilisation de ces eaux en agriculture (Hatam-Nahavandi *et al*, 2015). La persistance d'*Ascaris lumbricoïdes* indique que l'élimination des œufs d'Helminthes par le procédé de traitement utilisé n'est pas totale. Par conséquent cette eau usée traitée représente un danger pour la santé humaine quant à une réutilisation potentielle (Khalil *et al*, 2007). Chaque femelle d'*Ascaris* a un potentiel de reproduction extrêmement élevé d'environ 240 000 œufs par jour et qui contrebalance de lourdes pertes en viabilité et en pouvoir infectant subies par ces œufs dans l'environnement. Hajjami *et al*, (2012) ; Schwartzbrod *et al*, (2003) ; Alouni *et al*, (1993) ; Guessab *et al*, (1993) ont rapporté que les œufs des nématodes intestinaux sont plus résistants que ceux des cestodes dans les eaux usées. Le milieu extérieur est ainsi contaminé chaque jour dans le monde entier par quelque 9×10^{14} œufs d'*Ascaris*, dont beaucoup se développent jusqu'au stade infectant. Parmi les divers facteurs écologiques qui ont une influence régulatrice sur la population d'œufs d'*Ascaris* en dehors du corps humain, les plus importants sont les facteurs physiques : température, humidité, pression d'oxygène et rayonnement ultraviolet d'origine solaire.

En fonction de leur activité, les œufs d'*Ascaris* (figure 35) peuvent survivre plus de six ans dans un climat tempéré, mais quelques heures seulement dans certaines conditions régnant sous les tropiques. Lorsqu'ils sont défavorables, ces facteurs sont responsables d'interruptions saisonnières de la transmission. Par exemple en Arabie saoudite (à cause de l'aridité et de la chaleur du climat pendant la majeure partie de l'année) et en Europe (au cours des mois froids) (OMS, 1982).



Figure 35 : G×40 Œuf d'*Ascaris*

. Les œufs de *Trichuris Trichuria* (36) peuvent survivre plusieurs mois dans les eaux usées (Shuval, 1997). Selon l'OMS en 1982 ce parasite provoque la maladie de Trichocéphalose qui est une infection courante, surtout dans les régions chaudes et humides du globe, les symptômes de cette parasitose sont la diarrhée ou un syndrome dysentérique.

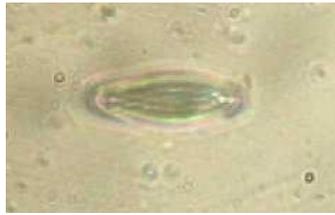


Figure 36 : G×40 Œufs non embryonnés de *Trichuris trichuria*

Le Strongyloïde ou Anguillule (figure 37) est un ver qui se transmet par les déjections. Ce parasite a été observé sur plusieurs études effectuées sur les eaux usées traitées (Dssoli *et al*, 2001 ; Akpo *et al*, 2013). Selon l’OMS en 1982 l’excrétion de larves de strongyloïdes est intermittente et peut être impossible à déceler, même à l’aide de techniques spéciales. L’Anguillule provoque la strongyloïdose dont certains malades porteurs de ce parasite peuvent ne pas présenter aucun symptôme, cependant il est fréquent d’observer des symptômes gastro-intestinaux (diarrhée). La forme sévère de la strongyloïdose comporte une forte mortalité.



Figure 37 : G×40 *Strongyloides stercoralis* (anguillule)

Les œufs de *Toxocara* sp (figure 38) peuvent survivre plusieurs mois dans les eaux usées (Shuval, 1997). Elles causent l’helminthose de Toxocarose, l’utilisation des eaux usées traitées pourrait accroître le risque de cette parasitose. Les œufs de *Toxocara* sp sont d’une grande résistance dans le milieu extérieur (Afssa, 2008).



Figure 38 : G×40 *Toxocara canis*

Parmi les helminthes identifiés qui appartiennent à la classe des cestodes, on note la présence d'*Hymenolepis nana* et des *Tenia* (*teania saginata* et *ténia solium*), ces derniers ont été observés sur plusieurs études effectuées sur les eaux usées (Bouhoum et al, 1997 ; Dssouli et al, 2001 ; Akpo et al, 2013).

Hymenolepis nana (figure 39), est un parasite qui ne vie que quelques semaines. Il cause la maladie d'Hyménolepiase, mais il donne rarement lieu à des symptômes. Ce n'est que dans les infections massives que l'on note de la diarrhée et une gêne abdominale (OMS, 1982).

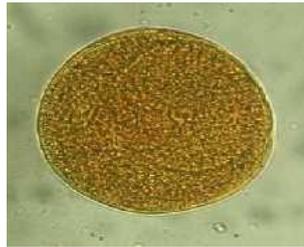


Figure 39: G×40 *Hymenolepis nana* (*Tenia nain*)

Les *teania* (*teania saginata* et *teania solium*) provoquent des modifications de la motricité et de la sécrétion du tube digestif plus souvent que des altérations anatomiques locales de la muqueuse intestinale (OMS, 1982). La durée de la survie des œufs de ténia (figure 40) dans les eaux usées d'après Rickard *et al*, 1977 est de quelques semaines ; selon Faby *et al*, 1997 elles peuvent survivre jusqu'à 9 mois.



Figure 40 : G×40 Œuf de *Teania*

Les trématodes sont en général responsables des zoonoses. L'estimation de ces infections n'est pas possible, car nous ne disposons que de renseignements limités sur leur distribution (OMS, 1982). Parmi les trématodes on note *Fasciola hepatica* (figure 41 et 42), ce parasite provoque la Fasciolose qui est due à la grande douve de foie. Cette parasitose est responsable d'atteintes graves du foie et voies biliaires (Paul et Benjamain, 2012).

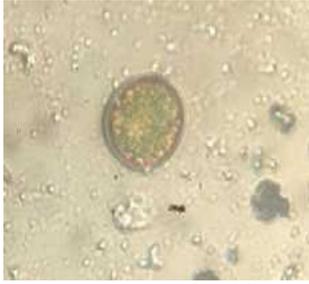


Figure 41 : G×40 Œuf de *Fasciola hepatica*



Figure 42 : G×40 Œuf de *Fasciola hepatica*

Conclusion générale

Conclusion générale

Le diagnostic du procédé d'épuration de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, nous a permis de constater des dysfonctionnements permanents au niveau du réacteur biologique et du décanteur secondaire. Cet état de fait serait dû probablement à une anoxie fréquente au niveau du bassin biologique générée par des arrêts répétés du dispositif global de ladite STEP. Ces arrêts de fonctionnement au niveau des STEP provoquent une faible minéralisation de l'azote organique au niveau des bassins d'aération ce qui génère une division cellulaire incomplète de la biomasse épuratrice. Cette mauvaise formation cellulaire, est connue sous le nom de la maladie de foisonnement bactérien. Ce phénomène de foisonnement bactérien (Bulking), induit une mauvaise décantation des boues au niveau du clarificateur secondaire, ce qui génère une déperdition importante de la biomasse épuratrice globale par imbrication dans le film bactérien des bactéries et des parasites.

Les résultats d'analyses parasitologiques de l'effluent traité montrent en premier lieu les protozoaires qui sont représentés par les Amibes d'*Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Dientamoeba fragilis* et par la présence des flagellés de *Giardia duodenalis*, ainsi par les coccidies d'*Encephalitozoon cuniculi* et *Cryptosporidium*.

En seconde lieu nous avons les helminthes qui sont représentés par :

- La classe des Nématodes représentée par *Ascaris lumbricoide*, *Toxocara canis*, *Oxyure*, *Trichuris trichuria*, *Anguillule*, *larve de nématodes*.
- La classe des Cestodes représentée par *Ténias*, *Hymenolepis nana*, *Echinococcus granulosus*.
- La classe des Trématodes représentée par *Cristaux de Charcot leyden*, *Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium dentriticum*.

Sur le plan parasitologique, l'utilisation de ces effluents traités pour l'irrigation des terres agricoles est sévèrement limitée car, ils pourraient augmenter les risques sanitaires et environnementaux. L'OMS qualifie la présence des helminthes parasites, en particulier les nématodes intestinaux (*Ascaris*, *Trichuris*, *Ankylostoma*), comme principale contrainte pour la réutilisation des eaux usées en agriculture à cause de leur faible dose infectante et leur longue survie dans l'environnement. De ce fait, l'aspect parasitologique des eaux usées doit faire l'objet d'une attention particulière avant tout projet de réutilisation des eaux usées en agriculture.

En perspectives on préconise de :

- Faire un diagnostic du fonctionnement global de la STEP afin d'y remédier au problème du foisonnement bactérien, en faisant un suivi physico-chimique et microbiologique des étapes de traitement.
- Renforcer le traitement au niveau de la STEP Est par traitement tertiaire afin de diminuer la charge parasitaire.

Références bibliographiques

- **AKPO Y, SAWADOGO G.J et DEGNON R.G; 2013.** Évaluation de la contamination parasitologique des eaux usées domestiques collectées et traitées à la station d'épuration de cambérène (dakar) ; journal of applied biosciences 69 :5449 – 5455 ; issn 1997–5902.
- **ALOUNI Z ; 1993.** Flux de la charge parasitaire dans cinq stations d'épuration en Tunisie ; revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 6 (4), 453–462.
- **ANFASS ; 2008.** Réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage ou l'irrigation ; agence française de sécurité sanitaire des aliments.
- **ANOFEL ; 2014.** Association française des enseignants de parasitologie et mycologie. parasitologie médicale : généralités et définitions ; université médicale virtuelle francophone ; Paris ; p16.
- **BABOU L et M'ZYENE N ; 2018.** Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux brutes et traitées de la step est de Tizi-Ouzou ; mémoire de master en science agronomique ; spécialité eau et environnement ; université de T.O ; p67.
- **BAUMONT S, CAMARD J.P, LEFRANC A et FRANCONI A ; 2004.** Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Ile de France ; rapport ORS ; p220.
- **BEAURIN D.C.M ; 2006.** Séroprévalence d'encephalitozoon cuniculi chez le lapin de compagnie en région parisienne ; thèse pour le doctorat vétérinaire ; école nationale vétérinaire d'Alfort.
- **BELHALHALI F.Z et BOUDJEMAI F ; 2016.** Evaluation de la qualité des eaux épurées de la station d'épuration d'Ain Témouchent ; mémoire de master en génie de l'eau et de l'environnement ; université Belhadj Bouchaib ; Ain Témouchent.
- **BELKADI S et OUELHOCINE ; 2019.** Impact des rejets de la STEP Est de Tizi-Ouzou sur la contamination parasitologique de la ressource hydrique du moyen Sébaou destinée pour l'AEP ; mémoire de master en sciences biologiques ; spécialité microbiologie appliquée ; université de T.O ; p65.
- **BELMIHOUB N et BOUDERBALA O ; 2017.** Cinétique des nutriments à l'amont et à l'aval de rejet de la station d'épuration est de la ville de Tizi-Ouzou ; mémoire de master en sciences agronomiques ; spécialité traitement et valorisation des ressources hydriques ; ummto ; p72.
- **BEN YUCEF K et LABIDI H ; 2017.** Contribution à l'étude parasitaire des dromadaires dans la région d'el oued ; mémoire de master en sciences biologiques

spécialité biochimie appliquée ; université Echahid hamma lakhdar ; el oued ; Algérie ; p64.

- **Benel HARKI F, ELKHRRIM K, SADEK S, ELMARKHI M et BELGHITY D ; 2012.** Analyse parasitologique des eaux usées brutes de la ville de Sidi Yahia du Gharb Maroc ; Siencelib ; Edition Mersenne ; Vol 4 ; Issue 120711 ; p10.
- **BENHALIMA L ; 2019.** Maladies à transmission hydrique ; polycopié pour le master microbiologie appliquée ; université 8mai 1945 ; Guelma ; Algérie ; p133.
- **BENOUIS A ; 2012.** Etude épidémiologique des parasitoses intestinales humaines dans la région d'Oran ; université d'Oran ; Algérie ; p93.
- **BENZAHI F et BOUDJEMAI C ; 2016.** Contrôle du rendement épuratoire de la STEP Est de Tizi-Ouzou ; mémoire de master en agronomie ; spécialité traitement et valorisation des ressources hydriques ; ummto ; Algérie ; p64.
- **BERRAHMOUN M.A ; 2016.** Caractérisation et Valorisation des effluents solides et liquides de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou ; mémoire de master en agronomie ; spécialité traitement et valorisation des ressources hydriques ; ummto ; Algérie ; p68.
- **BOUHOUM K, AMAHMID O, HABBARI K, SCHWARTZBROD J ; 1997.** Devenir des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires dans un canal à ciel ouvert alimenté par les eaux usées de Marrakech ; Revue des sciences de l'eau ; *Journal of water science* ; 10(2) ; 217-232.
- **BOUMEDIENE M ; 2013.** Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées : cas de la step Ain el houtz ; mémoire de licence en hydrique ; université Abo bekr belkaid ; Tlemcen ; Algérie ; p39.
- **BOUYAKOUB S et MEZIDI I ; 2018.** Parasites gastro-intestinaux chez les enfants ; étude épidémiologique ; mémoire de master en parasitologie ; université de blida ; algérie p60.
- **DANI F et SAIB M ; 2017.** Parasitoses intestinales diagnostiquées au niveau du C.H.U de Tizi Ouzou ; mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'état de docteur en pharmacie faculté de médecine de Tizi-Ouzou, Algérie ; p86.
- **DELPHINE T ; 2015.** La contamination parasitaire liée à la consommation de viandes, de poissons et de végétaux dans les pays industrialisés ; thèse de doctorat ; faculté pharmacie ; université de lorraine ; France ; p133.
- **DEROUIN F, ELIASZEWIEZ M, POUILLOT R et ROZE S ; 2002.** Evaluation scientifique des risques associés à *Cryptosporidium* sp ; rapport sur les infections à

protozoaires liées aux aliments à l'eau ; agence française de sécurité sanitaire des aliments p162/185.

- **DSSOULI K, KHARBOUA M, KHALLAAYOUNE K, EL HALOUANI H et HALOUI B ; 2001.** Caractérisation parasitologique des eaux usées réutilisées en agriculture dans le Maroc Oriental (Oujda) ; Actes inst, agro, vet (Maroc) ; Vol 21 (3) : 139-146.
- **DUBOIS E ; 2019.** Les nématodes parasites des plantes : description, moyens de lutte et impact sur la faim dans le monde ; thèse de doctorat en pharmacie ; université de lille ; france ; p270.
- **DURAND F, BRENIER-PINCHART et PELLOUX H ; (2005).** Parasitoses digestives : lambliaose, tæniase, oxyurose, amibiase, hydatidose (100) ; corpus médical ; faculté de médecine de grenoble ; P1-15.
- **EL GUAMRI Y et BELGHYTI D ; 2007.** Charge parasitaire des eaux usées brutes de la ville de Kenitra (Maroc) ; Afrique science 03(1) (2007) 123 – 145.
- **EL HAMMOUMI N ; 2019.** Epidémiologie et prévalence de la giardiose au sein du service parasitologie et mycologie du CHU hassani de FES ; thèse de doctorat en biologie médicale ; faculté de médecine et de pharmacie ; maroc ; p57.
- **FABY J.A et BRISSAUD F ; 1997.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation ; *office international de l'eau* ; p76.
- **GUESSAB, BIZE J, SCHWARTZBROD J, MANI A, MORLOT M, NIVault N et SCHWARTZBROD L; 1993.** Wastewater treatment dry infiltration percolation on sand: Sergao RESULTS in ben; Morocco; Water science technology; Vol 17, 91-95.
- **GUILLAUME V ; 2007.** Fiches pratiques parasitologie : auto- évaluation manipulations poche.
- **Habi T et Haddad T ; 2019.** Normalisation du rejet urbain brut de la step ouest de la ville de Tizi-Ouzou ; mémoire de master en sciences agronomiques ; spécialité eau et environnement ; ummto ; Algérie ; 48p.
- **HADJ MOHAMMED F-Z et MOHAMMEDI A; 2017.** Etude de la prévalence des parasitoses intestinales chez l'enfant diagnostique au sein du laboratoire de parasitologie –mycologie médicale du CHU de Tlemcen ; mémoire de doctorat en pharmacie ; faculté de médecine ; Tlemcen ; 139p.
- **HAJJAMI K , ENNAJI M-M , FOUAD S , OUBRIM N , KHALLAYOUNE K et COHEN N ; 2012.** Assessment of helminthes health risk associated with reuse of raw

and treated wastewater of the settat city (MOROCCO); Resources and environment; Vol 2; Issue 5, 193 -201.

- **HALIL H et MOULOUD L ; 2018.** Caractérisation des eaux de rejet de la step d'azeffoun en vue de leur réutilisation en irrigation agricole ; mémoire de master en sciences agronomiques ; spécialité eau et environnement ; ummto ; 60p.
- **HAMAIDI –CHERGUI F, ZOUBIRI A-F, DEBIB A, HAMAIDI M-S et KAIS H ; 2016.** Evaluation de la charge en pathogènes et de la microfaune dans les eaux de l'effluent brute et traité rejeté dans un milieu récepteur : cas de la station d'épuration de Médéa ; *Larhyss journal* ; Issn 1112-3680 ; N^o26 ; P 183-208.
- **HAMEK R et MOKRANE F ; 2018.** Evaluation de la qualité des eaux usées brutes et épurées de la ville de tizi- ouzou : analyse physicochimique, bactériologique, parasitaire et antibiorésistance ; mémoire de master en science biologiques, spécialité microbiologie appliquée ; ummto ; 145p.
- **HATAM-NAHAVANDI K, MAHVI A-H, MOHEBALI M, KESHAVARZ H; MOBEDI I et REZAEIAN M ; 2015.** Detection of parasitic particles in domestic and urban wastewaters and assessment of removal efficiency of treatment plants in Tehran; iran; science & engineering 13:4.
- **JULIE S ; 2015.** Relation entre comportement spatial et parasitisme chez le chevreuil en milieu anthropisé ; thèse de doctorat ; université de Toulouse 3 ; paul sabotier ; 178p.
- **KESBI R ; 2016.** Etude des performances épuration d'une step de l'ouest algérien : cas de la nouvelle step d'Ain Témouchent ; mémoire de master en hydrauliques ; spécialité technologie de traitement des eaux ; université Abou bekr belkaid ; Tlemcen ; 98p.
- **KHALIL A, SOUASSI L, ABABOU 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 ; P 44-48.
- **LACHEREZ C ; 2017.** Les parasitoses intestinales du jeune enfant en france ; thèse de doctorat en pharmacie ; université de lille 2 ; 88p.
- **LAZRAG D ET DJELALI H ; 2019.** Etude des parasites intestinales chez le personnel de cuisine diagnostiquée au sein du laboratoire d'hygiène du EPH de bouira ; master en sciences biologiques ; spécialité microbiologie appliquée ; université de bouira ; 59p.
- **MEBROUK N et MERAR S ; 2016.** Contribution à l'étude des nématodes des poissons téléostéens du golfe de bejaia ; mémoire de master en biologie ; option bio

ressources animales et biologie intégrative ; université Abdou Rahman mira ; Bejaia ; 55p.

- **MERDAS FERHATI H ; 2015.** Etude épidémiologique, biochimique et immunologique de la fasciolose chez les bovins (race locale) dans la région d'Annaba ; thèse de doctorat en biologie animale ; université Badji Mokhtar ; Annaba ; 64p.
- **METAHRI M-S ; 2012.** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes ; cas de la step Est de la ville de Tizi-Ouzou ; thèse de doctorat en agronomie ; option génie des procédés ; ummto, 148p.
- **MOULINIER C ; 2002.** Parasitologie et mycologie médicale : élément de morphologie et de biologie ; Paris.
- **NANFAH W ; 2008.** Etude du poly parasitisme intestinal à l'INRSP dans le district de bamako-mali ; thèse pour l'obtention de grade de docteur en pharmacie ; université de bamako ; mali ; p 124.
- **NIVOARIMANA H ; 2017.** Identification des schistosomes par les techniques sérologique et parasitologique sur des patients malagasy ; mémoire de master en biochimie fondamentale et appliquée ; université d'antananarivo ; madagascar.
- **OMS ; 1982.** Infection intestinales à protozoaires et à helminthes ; rapports d'un groupe scientifique de l'OMS ; série de rapports techniques 666 ; Genève ; p 162 .
- **OMS ; 1989.** L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à visées sanitaires - rapports d'un groupe d'experts de l'OMS ; série de rapports techniques 778 ; Genève.
- **OMS ; 2003.** Code d'usage en matière d'hygiène pour les fruits et légumes frais ; p 44.
- **OMS ; 2016.** Directives pour l'application des principes généraux d'hygiène alimentaire à la maîtrise des parasites d'origine alimentaires ; p 12.
- **OUALI F ; 2019.** Les infections au cours de lupus érythémateux systémique ; thèse pour l'obtention de titre docteur en médecine ; université mohammed V de rabat ; faculté de médecine et de pharmacie ; maroc ; p 123 .
- **PAUL B et BENJAMIN V ; 2012.** Parasitoses internes ; université de lyon 1 ; p 90 .
- **RENOU S ; 2006.** Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées ; thèse de doctorat ; spécialité génie des procédés et des produits ; institut national polytechnique de lorriane ; p 258.
- **RTCHARD M-D et ADOLF A-J ; 1977.** The prevalence of cysticerci of tenia saginata in cattle raised on servage –irrigated pasture; Med .J.Aust; 1,525-525.

- **SAIDANI F-Z et HAMMADI S ; 2017.** Contribution à l'étude de la dynamique et des impacts des maladies à transmission hydrique au niveau de la wilaya de bouira ; mémoire de master en sciences biologiques ; spécialité science et gestion de l'environnement ; université de bouira ; p 43 .
- **SCHWARTZBORD J et BANAS S ; 2003.** Parasite contamination of liquid sludge from urban wastewater treatment plants; *Water science technology*; Vol 47; Issue 3,163-166.
- **SHUVAL H-I , ADIN A, FATTAL B , RAWITZ E et YEKUTIEL P ; 1986.** Wastewater irrigation in developing countries ; *world bank publ* ; technique paper series n° 51.
- **STIEN J –L et SCHWARTZBORD 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* ; Vol 3 ; Issue 3 /4,77-82.
- **STOTT R, JENKINS T, SHABANA M et MAY E ; 1997.** A survey of the microbial quality of wastewater in Ismailia; Egypt and the implication for wastewater reuse. *War .Sc.Tech.* 35 (11-12):211-217.
- **SYLLA I et BELGHYTI D ; 2008.** Analyse parasitologique des eaux usées brutes de la ville de Sidi Yahia du Gharb (Maroc) ; *Revue mondiale de la recherche biologique* ; Vol 001; Issue 2, 1-10.
- **TIBILA K ; 2015.** Parasitoses intestinales en milieu scolaire et détection de giardia intestinalis par PCR en temps réel au burkina faso (BF) ; mémoire de master en biologie moléculaire et de génétique moléculaire appliquées ; université de ouagadougou; p 67 .
- **TOUDERT L et YOSRI K ; 2015.** Contribution à l'étude des parasitoses à transmission hydrique dans la région de Tizi-Ouzou ; mémoire de master en agronomie ; spécialité traitement et valorisation des ressources hydriques ; ummto ; Algérie ; p 43.
- **XAXIER M ; 2001.** Transport d'un micro-organisme en milieu poreux saturé cas d'un colloïde biologique : *Cryptosporidium Parvum* ; thèse pour l'obtention du grade docteur de l'I.N.P.L ; spécialité génie civil – hydro système-géotechnique ; institut national polytechnique de lorraine ; France ; p 145.

Annexe

Annexe 01



Figure : G×40
Embryophore
d'*Hymenolepis nana*
(Guillaume, 2007)

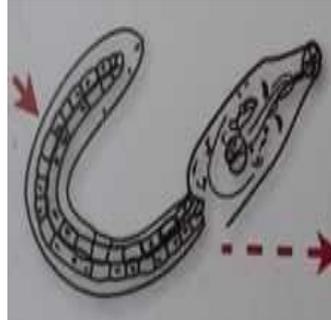


Figure : G×40 les cercaires
de *Clonorchis sinensis*
(Guillaume, 2007)



Figure : G×40 Kyste de
Giardia duodenalis
(Guillaume, 2007)



Figure : G×40 L'œuf
d'*Ascaris lumbricoide*
(Guillaume, 2007)



Figure : G×40 L'œuf de *Ténia*
(Guillaume, 2007)



Figure : G×40 L'œuf de
Toxocara canis (Guillaume,
2007)



Figure : G×40 L'œuf fécondé
d'*Ascaris* (Guillaume, 2007)



Figure : G×40 Œuf de
Fasciola hepatica
(Guillaume, 2007)



Figure : G×40 les œufs non
embryonnés de *Trichuris
trichuria* (Guillaume, 2007)



Figure : G×40 *Trichuris trichuria* (Guillaume, 2007)



Figure : G×40 *Toxocara canis* (Guillaume, 2007)



Figure : G40 Forme végétative de *Dientamoeba fragilis* (Guillaume, 2007)



Figure : G×40 *Strongyloides stercoralis* (anguillule) (Guillaume, 2007)



Figure : G×40 Forme végétative d'*Entamoeba histolytica* (Guillaume, 2007)

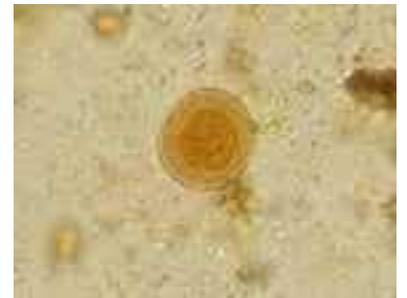


Figure : G×40 Kyste d'*Iodamoeba butschii* (Guillaume, 2007)

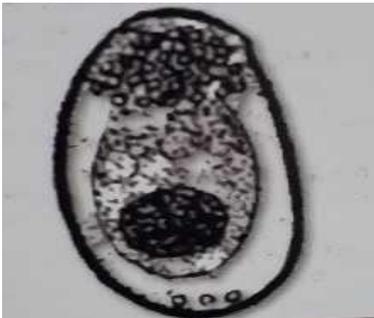


Figure : G×40 Œuf de petite douve du foie *Dicrocoelium dentriticum* (Guillaume, 2007)



Figure : G×40 *Fasciolopsis buski* (Guillaume, 2007)



Figure : G×40 Cristaux de Charcot leyden (Guillaume, 2007)

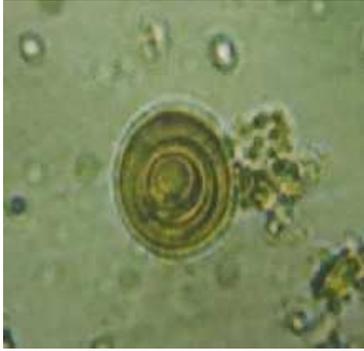


Figure : G×40
Cryptosporidium
(Guillaume, 2007)



Figure : G×40 L'œuf de
Fasciola hepatica
(Guillaume, 2007)



Figure : G×40 L'œuf d'*Oxyure*
(Guillaume, 2007)



Figure : G×40 *Schistosoma*
haematobium (Guillaume,
2007)

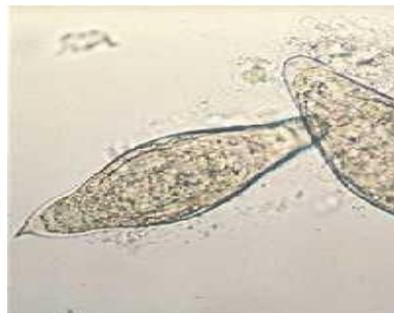


Figure : G×40 *Schistosoma*
intercalatum (Guillaume, 2007)

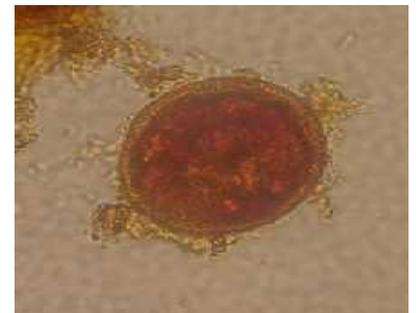


Figure : G×40 *Toxocara canis*
(Guillaume, 2007)



Figure : G×40
Hymenolepis nana
(*Taenia nain*) (Guillaume,
2007)



Figure : G×40 *Anatrchosoma* sp
(Guillaume, 2007)



Figure : G×40 *Echinococcus*
granulosus (évagination du
scolex) (Paul et Benjamin,
2012)



Figure : G40 l'œuf d'*Ascaris*
(Paul et Benjamin, 2012)

Résumé

Les eaux usées domestiques véhiculent habituellement de nombreux pathogènes humains, dont les protozoaires et les œufs d'helminthes parasites. Notre étude est une appréciation des caractéristiques parasitologiques des eaux usées épurées de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou et l'observation microscopique de la microfaune pour estimer l'efficacité du traitement adopté à la réduction de la charge parasitaire. Les résultats des analyses parasitologiques effectuées indiquent la présence des protozoaires pathogènes tels que : les Amibes (*Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Dientamoeba fragilis*) ; les flagellés (*Giardia duodinalis*), les coccidies (*Encephalitozoon cuniculi* et *Cryptosporidium*). La présence des helminthes tels que : *Ascaris lumbricoide*, *Toxocara canis*, *Oxyure*, *Trichuris trichuria*, *Anguillule*, larve de nématodes, Ténias, *Hymenolepis nana*, *Echinococcus granulosus*, *Cristaux de Charcot leyden*, *Fasciola hepatica* et *Dicrocoelium dentriticum*. Le rejet de ces effluents traités dans les eaux de surface (Oued Sebaou) ou leur réutilisation pour l'irrigation pourrait augmenter le risque d'infection humaine et constitue un danger majeur pour l'environnement et la santé humaine.

Mots clés : Analyses parasitologiques, effluent secondaire, STEP, épuration.

Abstract

Household wastewater typically carries many human pathogens, including protozoa and parasitic helminth eggs. Our study is an assessment of the parasitological characteristics of the treated wastewater from the East WWTP in the city of Tizi-Ouzou and the microscopic observation of the microfauna to estimate the effectiveness of the treatment adopted in reducing the parasite load. The results of the parasitological analyzes carried out indicate the presence of pathogenic protozoa such as : Amoeba (*Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Dientamoeba fragilis*); flagellates (*Giardia duodinalis*), coccidia (*Encephalitozoon cuniculi* and *Cryptosporidium*). The presence of helminths such as: *Ascaris lumbricoide*, *Toxocara canis*, Pinworm, *Trichuris trichuria*, *Anguillule*, larva of nematodes, Ténias, *Hymenolepis nana*, *Charulcinocydenus granulcinus nana*, *Fasciola hepatica* and *Dicrocoelium dentriticum*. The discharge of these treated effluents into surface water (Oued Sebaou) or their reuse for irrigation could increase the risk of human infection and constitute a major danger for the environment and human health.

Keywords: Parasitological analyzes, secondary effluent, WWTP, purification.

ملخص

تحمل مياه الصرف المنزلية عادة العديد من مسببات الأمراض البشرية، بما في ذلك الطفيليات وبيض الديدان الطفيلية. دراستنا عبارة عن تقييم للخصائص الطفيلية لمياه الصرف الصحي المعالجة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي الشرقية لمدينة تيزي وزو والمراقبة المجهرية للحيوانات الدقيقة وذلك لتقدير فعالية المعالجة المعتمدة في هذه المحطة للتقليل من تركيز هذه الطفيليات. تشير نتائج التحاليل التي أجريت على الطفيليات إلى وجود الكائنات الأولية الممرضة مثل: الأميبا (*Entamoeba coli*، *Entamoeba histolytica*)، *Dientamoeba fragilis*؛ سوط (*Giardia duodinalis*)، كوكسيدي (*Encephalitozoon cuniculi*) و *Cryptosporidium*. وجود الديدان الطفيلية مثل: *Ascaris lumbricoide*، *Toxocara canis*، *Oxyure*، *Trichuris trichuria*، يرقات الديدان الخيطية، *Ténias*، *Hymenolepis nana*، المتورقة الكبدية و *Dicrocoelium dentriticum*. يمكن أن يؤدي تصريف هذه المياه المعالجة في المياه السطحية (واد سباو) أو إعادة استخدامها لري الأراضي الزراعية إلى زيادة خطر إصابة الإنسان بالعدوى ويشكل خطراً كبيراً على البيئة وصحة الإنسان.

الكلمات الدالة: تحاليل الطفيليات، الصرف الثانوي، معالجة مياه الصرف الصحي، التنقية.