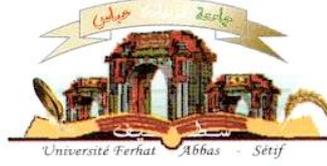


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف1  
كلية علوم الطبيعة والحياة

**DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET ECOLOGIE VÉGÉTALE**

N°...../SNV/2023

**THÈSE**

Présentée par

**GUEMMAZ FATEH**

Pour l'obtention du diplôme de

**DOCTORAT EN SCIENCES**

**Filière : BIOLOGIE**

**Spécialité : ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT**

**THÈME**

**Impact de la réutilisation des eaux usées brutes de la ville de  
Biskra sur l'homme et l'environnement**

Soutenue publiquement le 25/01/2023

DEVANT LE JURY

Président	<b>BENMAHAMMED Amar</b>	<b>Pr. UFA Sétif1</b>
Directeur	<b>BOUZIANE Med Tewfik</b>	<b>Pr. UMKh Biskra</b>
Examineurs	<b>LAIADI Ziane</b>	<b>Pr. UMKh Biskra</b>
	<b>MOUSSI Abdelhamid</b>	<b>Pr. UMKh Biskra</b>
	<b>SELLAL Abdelhakim</b>	<b>MC(A). UFA Sétif1</b>
	<b>MAROUANI Nawel</b>	<b>MC(A). UFA Sétif1</b>

*Laboratoire d'Aménagements Hydrauliques et Environnement « LAHE » Université  
Mohamed Khider Biskra*

## ملخص

تواجه الجزائر مثل غيرها من البلدان الافريقية الجافة مشاكل النمو الديموغرافي والجفاف ، و يدفع هذا الاخير الى اعادة استخدام المياه المستعملة لري المحطات الزراعية، تتميز المياه المستعملة باحتوائها على العناصر الغذائية حيث تساعد مكوناتها العضوية في تشبع التربة بالدبال و هي متوفرة بكميات كبيرة، غير ان استخدامها يمثل خطر حقيقي على البيئة و صحة الانسان . الهدف من هذا العمل هو دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية و البركتولوجية للمياه المستعملة الخام الغير معالجة في مدينة بسكرة و تلوث بعض المحاصيل المجاورة في وادي بسكرة و ذلك بأخذ بعين الاعتبار النمو الديموغرافي و الاجتماعي والاقتصادي المرتبطين بهذين المجمعين. بالنسبة للخصائص الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية اظهرت النتائج المتحصل عليها تراكيز عالية بالمقارنة بالقيم الحديثة العامة لتصريف المباشر 50 مغ/ل والغير المباشر 600 مغ/ل للمياه المستعملة في الوسط المستقبل.وهذا ما يشكل تلوثا بيئيا يعزز نمو الكائنات الدقيقة.بالنسبة للنتائج الطفيلية سمحت في تحديد ثلاث مجموعات من بيض الطفيلية في عينات مياه المستعملة ديدان خيطية و .ديدان شريطية و.ديدان مثقوبة.مع اغلبيه واضحه للبيض الديدان الخيطية.مقارنة مع الآخرين كذلك مع تركيز منخفض جدا من بيض الديدان المثقوبة.في حين ان التركيز في بيض الطفيلية في محاصيل بعض الخضروات.الكرفس.السبانخ والجزر.يعتمد بشكل كبير على مستوى تلوث مياه الري المستعملة.وبذلك يكون الجزر فيه التركيز العالي للبيض ب 96.11 بيضة /لتر يليه الكرفس ب 4.5 بيضة/ لتر و اخيرا السبانخ ب 25.2 بيضة /لتر.

الكلمات المفتاحية: المياه المستعملة ، الديدان الطفيلية ، تلوث ، وادي بسكرة ، وادي الزمور، العوامل الفيزيائية، ديدان و.ديدان مثقوبة.ديدان الشريطية و خيطية ، العوامل الكيميائية

## Résumé

L'Algérie à l'instar des autres pays africains arides et semi-arides est confrontée à des problèmes d'une démographie galopante et de stress hydrique. Ce dernier favorise la réutilisation des eaux usées à l'état brut pour l'irrigation des périmètres agricoles. Ces eaux usées ont l'avantage de contenir des éléments fertilisants, leurs matières organiques contribuent à enrichir les sols en humus et elles sont disponibles en quantité importante. Cependant l'usage à l'état brut des eaux usées représente un risque potentiel de pollution de l'environnement et la santé humaine. L'objectif de ce travail est la caractérisation physico-chimiques, bactériologiques ainsi que l'évaluation de la charge parasitaire des eaux usées brutes des deux rejets de la ville de Biskra (Oued Biskra et oued Z'mour) et la contamination de quelques cultures maraichères (céleri, épinard et carotte) par les parasites existants dans les eaux usées de l'Oued Biskra, en relation avec le profil démographique et socio-économique des populations raccordées à ces collecteurs. Les résultats obtenus suite à l'analyse des paramètres physico-chimiques et bactériologiques laissent apparaître des concentrations différentes de ces derniers qui présentent des valeurs dépassant relativement les valeurs limites générales des rejets directs (50mg/l) et indirects (600mg/l) dans le milieu récepteur (JORA, 2009), ce qui représente un risque de pollution environnementale en favorisant la croissance des micro-organismes. Les résultats parasitologiques ont permis de recenser trois groupes d'helminthes dans les échantillons d'eaux usées : les Nématodes, les Cestodes et les Trématodes ainsi que des œufs de strongles (Kefflala et al., 2012), avec une nette prédominance des Nématodes par rapport aux autres et une très faible concentration de Trématodes qui est presque nulle. La charge parasitaire en œufs d'helminthes des différentes cultures maraichères tels le céleri, l'épinard et la carotte sont fortement tributaires du niveau de contamination de l'eau d'irrigation. Ainsi, la carotte présente la teneur la plus élevée avec 11.96 œufs/litre, suivie du céleri avec 5.4 œufs/litre et enfin l'épinard avec 2.25 œufs/l.

**Mots-clés** : Eaux usées , helminthes, nématodes, cestodes , trématodes , Oued Biskra, Oued Z'mor, pollution, paramètres physiques , paramètres chimiques.

## Abstract

Algeria, like other arid and semi-arid African countries, is faced with the problems of a galloping population and water stress. This water stress promotes the reuse of raw wastewater for irrigation of agricultural perimeters. This wastewater has the advantage of containing nutrients, its organic matter helps to enrich the soil with humus and it is available in large quantities. However, the raw use of wastewater represents a potential risk of pollution of the environment and human health. The objective of this work is the physicochemical and bacteriological characterization, the evaluation of the parasitic load of raw wastewater from the two discharges of the city of Biskra (oued Biskra and oued z'mour) and the contamination of some market garden crops by parasites existing in the wastewater of Oued Biskra these waters in relation to the demographic and socio-economic profile populations connected to these collectors. The results obtained following the analysis of the physicochemical and bacteriological parameters show different concentrations of the latter which present values relatively exceeding the general limit values of direct and indirect discharges into the receiving environment, which represents a risk of pollution. environment by promoting the growth of microorganisms. For the parasitological results made it possible to identify three groups of helminths in the wastewater samples: Nematodes, Cestodes, Trematodes and strongyles eggs, with a clear predominance of Nematodes compared to the others and a very low concentration of Trematodes which is almost zero. While the parasitic load of Helminth eggs in different vegetable crops, celery, spinach and carrot, is highly dependent on the level of contamination of the irrigation water. Thus, carrot has the highest content with 11.96 eggs / liter, followed by celery with 5.4 eggs / liter and finally spinach with 2.25 eggs / liter.

**Keywords:** Wastewater, helminths, nematodes, cestodes, trematodes, Oued Biskra, Oued Z'mor, pollution, physical parameters, chemical parameters

## Remerciements

Au terme de ce travail, il m'est agréable de remercier vivement tous ceux qui, grâce à leurs aides précieuses, ont permis la réalisation de ce travail.

Je dois remercier particulièrement : Monsieur Bouziane Med Tewfik, Professeur à l'Université de Biskra, pour avoir accepté de diriger cette thèse et pour son appui ses conseils et ses orientations tout au long de ce travail. Je lui adresse mes vifs remerciements et ma reconnaissance.

Mes vifs remerciements s'adressent à Monsieur Benmahammed Amar Professeur à l'université de Sétif, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant la présidence de mon jury.

Je voudrais également remercier Monsieur Laiadi Ziane Professeur à l'Université de Biskra, Monsieur Moussi Abdelhamid Professeur à l'Université de Biskra ,Monsieur Sellal Abdelhakim Maitre de Conférence (A) à l'université de Sétif et Madame Marouani Nawel Maitre de Conférence (A) à l'université de Sétif d'avoir accepté d'évaluer avec indulgence le fruit de ces années de travail.

Je dois également exprimer ma gratitude à : Monsieur Ismail Daoud,Monsieur Benbelaid Fathi, Monsieur Rabii Radouane, Madame Dandougua Wassila, Monsieur Azzeddine Zeraib, Madame Sallah Radouane Sarra et Monsieur Messai Ahmed enseignants au département SNV université Mohamed kheidar et Monsieur Farhi Yacine, Tawfik Mostephaoui chargés de recherche au CRSTRA , Boudjeudjou Hocine documentaliste au groupement barkine sonatrach et Harzelli Radouen inspecteur principal de la répression du fraude.

**Dédicaces**

*A la mémoire de mon cher père*

*A ma très chère maman*

*A toute ma famille*

*A tous les amis (es)*

*Je dédie ce modeste travail*

## **Avant-propos**

Les principales publications et communications auxquelles ce travail a donné lieu:

### **Publications**

**Guemmaz, F., Neffar, S., & Chenchouni, H. (2019).**Physicochemical and bacteriological quality of surface water resources receiving common wastewater effluents in drylands of Algeria.In Water Resources in Algeria-Part II (pp. 117-148). Springer, Cham

**Guemmaz, F., Bouziane, M. T., Daoud, I., Benbelaïd, F., & Rebai, R. (2021).** Parasite load of raw wastewater from the city of Biskra's discharge outfalls-Z'mor and Biskra valleys (Algeria). South Asian Journal of Experimental Biology, 11(5), 619-626.

### **Communications**

**Guemaz. F (2005) :** Analyse physico-chimiques des eaux usées de la ville de Biskra. Water Ressources in Méditerranéen Basin (Watmed 2) du 14 au 17 Novembre 2005 à Marrakech.

**Guemaz. F, Souiki. L, Djebar. H et Djabar. R (2006):** Détermination des paramètres physico-chimiques et microbiologique des eaux usées de la ville de Biskra. Les ressources en eaux et leurs utilisations. 6 et 7 Mai 2006 à Khemis Miliana. Université Khemis Melian 2006.

**Rezeg. A, Bouchahm. N, Guemaz. F et Meridja. W (2006) :** Utilisation de l'eau dans quelques usines de la ville Biskra. La désertification et le développement durable du 10 au 12 Juin 2006 au CRSTRA (Biskra).

**Guemaz. F (2006):** Analyse bactériologiques des principaux sites de rejets des eaux usées de la ville de Biskra. Water Ressources in Méditerranéen Basin (Watmed 3) du 01 au 03 Novembre 2006 au Liban

---

## Sommaire

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

### **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

#### **CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'EAU**

I.1. INTRODUCTION .....	5
I.2. L'EAU .....	5
I.3. L'EAU EN ALGERIE .....	5
I.4. POLLUTION .....	6
I.5. SOURCES DE POLLUTIONS DES EAUX USEES .....	6
I.5.1. Pollution Anthropique .....	6
I.5.1.1. Pollution d'origine agricole .....	6
I.5.1.2. Pollution d'origine industrielle .....	7
I.5.1.3. Pollution naturelle .....	7
I.6. FORMES DE POLLUTIONS.....	7
I.6.1. Pollution ponctuelle.....	7
I.6.2. Pollution diffuse .....	7
I.6.3. Pollution permanente .....	7
I.6.4. Pollution périodique.....	7
I.6.5. Pollution accidentelle ou aigue.....	7
I.7.IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE HUMAINE.....	8
I.7.1. Sur l'environnement .....	8
I.7.2. Sur la santé humaine.....	8
I.8. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DES EAUX USEES .....	9
I.8.1. Propriétés physique des eaux usées .....	9
I.8.1.1. Température .....	9
I.8.1.2. Conductivité.....	9
I.8.1.3. Turbidité.....	10
I.8.2. Propriétés chimiques des eaux usées .....	10
I.8.2.1. Potentiel d'hydrogène (ph).....	10

1.8.2.2. Matières en suspension (MES) .....	10
1.8.2.3. Matières organiques .....	10
1.8.2.4. Substances eutrophisantes (nutriments) .....	11
A. Matières azotées.....	12
B. Composés phosphorés.....	12
1.8.3. Propriétés biologiques des eaux usées .....	12
1.8.3.1. Virus.....	12
1.8.3.2. Protozoaires.....	13
1.8.3.3. Bactéries.....	13
1.8.3.4. Indicateurs de contaminations fécales.....	13
1.8.3.5. Parasites .....	15
1.8.3.5.1. Parasitisme .....	15
A. Degrés du parasitisme .....	15
B. Spécificité parasitaire .....	17
C. Modes d'action des parasites sur l'organisme humain.....	18
D. Classification des parasites .....	18
E. Voies de sortie du parasite.....	20
I.9. MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUE .....	22
1.9.1. Maladies d'origine bactérienne.....	22
1.9.2. Maladies d'origine virale.....	22
1.9.3. Maladies d'origine parasitaire .....	23
1.9.3.1. Résistances des œufs d'helminthes dans l'environnement : .....	23
1.9.3.1.1. Résistance des œufs d'helminthes dans les eaux : .....	24
1.9.3.1.2. Résistances des œufs d'helminthes dans les sols : .....	24
1.9.3.1.3. Résistance des œufs d'helminthes sur les végétaux : .....	25
I.10. REGLEMENTATION RELATIVE A L'EAU .....	27
1.10.1. Réglementation algérienne .....	27
1.10.2. Réglementation de l'Organisation Mondiale de la Santé .....	27
<b>CHAPITRE II : CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'ETUDE</b>	
II.1. INTRODUCTION .....	28
II.2. PRESENTATION DE LA REGION DE BISKRA .....	28
II.3. FACTEURS ABIOTIQUES .....	28
II.3.1. Facteurs édaphiques : .....	28

II.3.1.1. Géologie générale .....	29
II.3.1.1.1. Les principales unités structurales des Ziban.....	29
II.3.1.1.2. Stratigraphie de la région d'étude .....	29
II.3.1.2. Géomorphologie de la région d'étude .....	30
II.3.1.3. Contexte pédologique des Ziban .....	31
II. 3.2. Contexte Hydrogéologique des Ziban .....	32
II.3.2.1. Hydrologie des Ziban .....	32
II.3.2.1.1. Ressources en eau de la ville de Biskra .....	33
II.3.2.1.1.1. Eaux usées à Biskra.....	34
II.3.2.1.1.2. Caractéristiques du réseau d'assainissement.....	34
II.3.2.2. Les eaux souterraines des Ziban .....	36
II.3.2.2.1. Nappe phréatique du quaternaire .....	36
II.3.2.2.2. Nappe profonde.....	36
II.3.2.2.3. Nappe des calcaires.....	37
II.3.2.2.4. Nappe des sables .....	37
II.3.3. Eléments de Climatologie générale des Ziban .....	37
II.3.3.1. Température .....	37
II.3.3.2. Précipitations .....	38
II.3.3.3. Humidité relative .....	38
II.3.3.4. Vents .....	39
II.3.3.5. Synthèses climatiques.....	39
II.3.3.5.1. Diagramme Ombrothermique .....	39
II.3.3.5.2. Climagramme d'emberger .....	41
II.4. CADRE SOCIOLOGIQUE DE LA VILLE DE BISKRA .....	42
II.4.1. Population.....	42
II.4.2. Cadre bâti .....	43

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **CHAPITRE III : CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES DES EAUX USEES DE LA VILLE DE BISKRA**

III.1. INTRODUCTION .....	44
III.2. MATERIEL ET METHODES .....	44
III.2.1. Cadre d'étude .....	44
III.2.1.1. Site I : Oued Biskra .....	45

III.2.1.2. Site II : Oued z'mour.....	46
III.2.2. Echantillonnage des eaux usées de la ville de Biskra .....	46
III.2.3. Méthodes d'analyses des eaux usées de la ville de Biskra .....	47
III.2.3.1. Matériel et méthodes d'analyses physico-chimiques .....	48
III.2.3.2. Matériel et Méthodes d'analyses bactériologiques des eaux usées de la ville de Biskra .....	50
III.3. RESULTATS : .....	50
III.3.1. L'évolution temporelle des paramètres physicochimiques des eaux usées des deux sites de rejets (Oued Biskra site (I) et Oued Z'mour site (II)) .....	50
III.3.1.1. Température : .....	51
III.3.1.2. Potentiel hydrogène ph : .....	52
III.3.1.3. Conductivité électrique .....	52
III.3.1.4. Turbidité .....	53
III.3.1.5. Matière en suspension .....	53
III.3.1.6. Oxygène dissous : .....	54
III.3.1.7. Ortho phosphates .....	54
III.3.1.8. Ammonium $\text{NH}_4^+$ .....	55
III.3.1.9. Nitrate $\text{NO}_3$ .....	55
III.3.1.10. Nitrite $\text{NO}_2$ .....	56
III.3.1.11. Demande chimique en Oxygène .....	57
III.3.1.12. Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours .....	57
III.3.2. L'évolution spatio-temporelle des paramètres bactériologiques des eaux usées des deux sites de rejets (Oued Biskra (I) et Oued z'mour(II)) .....	58
III.3.2.1. Coliformes fécaux ( $\times 10^3$ ) .....	59
III.3.2.2. Streptocoques fécaux ( $\times 10^3$ ) .....	60
III.3.2.3. <i>Escherichia coli</i> ( $\times 10^2$ ) : .....	60
III.3.2.4. Clostridium sulfite-réducteur ( $\times 10^2$ ) .....	61
III.4. DISCUSSION .....	61
III.5. CONCLUSION .....	65
 <b>CHAPITRE IV : CHARGE PARASITAIRE DES EAUX USEES BRUTES DES DEUX REJETS DE LA VILLE DE BISKRA – OUED Z'MOR ET OUED BISKRA</b>	
IV.1. INTRODUCTION .....	67
IV.2. MATERIEL ET METHODES .....	68

IV.2.1. Cadre d'étude .....	68
IV.2.2. Echantillonnage des eaux usées de la ville de Biskra.....	68
IV.2.3. Matériel et méthodes d'analyses des parasites des eaux usées.....	68
IV.2.4. Traitement statistique des résultats .....	69
IV.3. RESULTATS .....	70
IV.3.1. Caractérisation qualitative de la charge parasitaire des eaux usées de la ville de Biskra .....	70
IV.3.2. Caractérisation quantitative de la charge parasitaire des eaux usées de la ville de Biskra .....	71
IV.3.2.1. Étude par groupes d'helminthes .....	71
IV.3.2.2. Variation saisonnière : .....	72
IV.3.2.3. Étude par espèces d'helminthes.....	73
IV.4. DISCUSSION.....	76
IV.5. CONCLUSION .....	78
 <b>CHAPITRE V : CHARGE PARASITAIRE EN ŒUFS D'HELMINTHES AU NIVEAU DE QUELQUES CULTURES MARAICHÈRES</b>	
V.1. INTRODUCTION .....	80
V.2. MATÉRIELS ET MÉTHODES .....	80
V.2.1. Cadre d'étude .....	80
V.2.2. Echantillonnage des cultures maraichères irriguées par les eaux usées brutes d'oued Biskra.....	81
V.2.3. Méthodes d'analyses parasitologiques des cultures maraichères irriguées par les eaux usées d'Oued Biskra (la ville de Biskra) .....	82
V.2.3.1. Méthodes d'analyses de la culture de la Céleri ( <i>Apium graveolens</i> ) et de l'Épinard ( <i>Spinacia oleracea</i> ) .....	82
V.2.3.2. Méthode d'analyse de la culture de la carotte ( <i>Daucus carota</i> ).....	82
V.3. RESULTATS .....	82
V.3.1. Charge parasitaire des cultures maraichères irriguée par les eaux usées brute de rejets (Oued Biskra). .....	82
V.4. DISCUSSION .....	85
V.5. CONCLUSION.....	86
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>87</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>90</b>

**ANNEXES**.....

## Liste des tableaux

### CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU

<b>Tableau 1.</b> Mode de contamination de l'homme par les helminthes .....	21
<b>Tableau 2.</b> Capacités de survie sur le sol et les végétaux de quelques agents pathogènes . ...	23
<b>Tableau 3.</b> Durées de survies des helminthes observés dans les sols .....	24
<b>Tableau 4.</b> La survie des œufs d'helminthes dans les sols et sur les végétaux .....	25
<b>Tableau 5.</b> Durée de survie des œufs des <i>Tenia</i> sur herbe et ensilage .....	26
<b>Tableau 6.</b> Niveau de contamination des végétaux comestibles par les œufs d'helminthes...	26

### CHAPITRE II : CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'ETUDE

<b>Tableau 1.</b> Représentation du réseau d'assainissement .....	35
<b>Tableau 2.</b> La situation d'assainissement de la ville de Biskra. ....	35
<b>Tableau 3.</b> Températures moyennes mensuelles (en °C) de la région de Biskra durant la période 2000-2014 .....	37
<b>Tableau 4.</b> Les précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région de Biskra durant la période 2000-2014.....	38
<b>Tableau 5.</b> Humidité relative de l'air exprimée en pourcentages (%) durant 2000-2014 dans la région de Biskra .....	38
<b>Tableau 6.</b> Les vitesses mensuelles moyennes du vent (m/s) durant la période 2000-2014 dans la région de Biskra .....	39
<b>Tableau 7.</b> Quotient pluviométrique et étage bioclimatique de la région de Biskra .....	42
<b>Tableau 8.</b> La typologie de la ville de Biskra. (Catégories Zones) .....	43

### CHAPITRE III : CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX USEES DE LA VILLE DE BISKRA

<b>Tableau 1.</b> Mesure des paramètres physico-chimiques.....	48
<b>Tableau 2.</b> Méthodes utilisées pour les mesures de paramétré bactériologiques .....	50
<b>Tableau 3.</b> La variation des paramètres physicochimiques de deux sites (site(I)Oued Biskra et site (II) Oued Z`mour).....	51
<b>Tableau 4.</b> Rapports de la pollution organique .....	58

**Tableau 5.** La variation des paramètres bactériologiques de deux sites (Oued Biskra site (I) et Oued Z'mour site (II))..... 59

**CHAPITRE IV : CHARGE PARASITAIRE DES EAUX USEES BRUTES DES DEUX REJETS DE LA VILLE DE BISKRA – OUED Z'MOR ET OUED BISKRA**

**Tableau 1.** Les helminthes parasites contenus dans les eaux usées des deux sites de rejets de la ville de Biskra (Oued Biskra et Oued Z'mour) ..... 70

## Liste des figures

### CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU

<b>Figure 1 .</b> Cycle de développement des maladies parasitaires à contaminations de types oro-fécal .....	16
<b>Figure 2 .</b> Les caractères morphologiques des helminthes parasites .....	19
<b>Figure 3 .</b> La classification des Némathelminthes parasites .....	19
<b>Figure 4 .</b> La classification des Plathelminthes parasites .....	20

### CHAPITRE II : CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'ETUDE

<b>Figure 1 .</b> Situation de Biskra dans la carte d'Algérie .....	28
<b>Figure 2 .</b> Extrait de la Carte Hydrogéologique de Biskra (Carton esquisse géologique et tectonique) .....	30
<b>Figure 3 .</b> Les grands ensembles géographiques de la région de Biskra .....	31
<b>Figure 4 .</b> Carte des Sols de la région de Biskra .....	32
<b>Figure 5 .</b> Réseau hydrographique de la wilaya de Biskra .....	33
<b>Figure 6 .</b> Ressources hydriques Saharienne .....	36
<b>Figure 7 .</b> Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Biskra durant la période (2000/2013). .....	40
<b>Figure 8 .</b> Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Biskra 2014.....	40
<b>Figure 9 .</b> Localisation de la région de Biskra sur le climagramme d'EMBERGER .....	42

### CHAPITRE III : CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX USEES DE LA VILLE DE BISKRA

<b>Figure 1 :</b> Carte de localisation des rejets des sites d'étude.....	46
<b>Figure 2 :</b> Les rejets du site (I) Oued Biskra.....	46
<b>Figure 3 :</b> Les rejets de site (II) Oued Z'mour.....	47
<b>Figure 4 :</b> Prélèvement de site I (oued Biskra).....	48
<b>Figure 5 :</b> Prélèvement de site II (Oued Z'mour).....	48
<b>Figure 6 :</b> Conservation des échantillons.....	48

<b>Figure 7</b> : Variation Temporelle de la température durant la période d'étude.....	52
<b>Figure 8</b> : Variation Temporelle du pH durant la période d'étude.....	52
<b>Figure 9</b> : Variation Temporelle de la conductivité durant la période d'étude.....	53
<b>Figure 10</b> : Variation Temporelle de la turbidité durant la période d'étude.....	53
<b>Figure 11</b> : Variation Temporelle de la matière en suspension durant la période d'étude.....	54
<b>Figure 12</b> : Variation Temporelle de l'oxygène dissous durant la période d'étude.....	54
<b>Figure 13</b> : Variation Temporelle de l'Ortho phosphate durant la période d'étude.....	55
<b>Figure 14</b> : Variation Temporelle de la NH <sub>4</sub> durant la période d'étude.....	55
<b>Figure 15</b> : Variation Temporelle de la NO <sub>3</sub> durant la période d'étude.....	56
<b>Figure 16</b> : Variation Temporelle de la NO <sub>2</sub> durant la période d'étude.....	56
<b>Figure 17</b> : Variation Temporelle de la Demande Chimique en oxygène durant la période d'étude.....	57
<b>Figure 18</b> : Variation Temporelle de la Demande Biochimique en oxygène en 5 jours durant la période d'étude .....	57
<b>Figure 19</b> : Répartition Temporelle des Coliformes fécaux durant la période d'étude.....	60
<b>Figure 20</b> : Répartition Temporelle des Streptocoques fécaux.....	60
<b>Figure 21</b> : Répartition Temporelle d'E coli.....	61
<b>Figure 22</b> : Répartition Temporelle des Clostridium sulfito-réducteur.....	61
 <b>CHAPITRE IV : CHARGE PARASITAIRE DES EAUX USEES BRUTES DES DEUX REJETS DE LA VILLE DE BISKRA – OUED Z'MOR ET OUED BISKRA</b>	
<b>Figure 1</b> : Répartition de la concentration moyenne d'œufs d'helminthes dans les eaux usées brutes des deux sites de rejet de la ville de Biskra (Oued Biskra et Oued Z'mour).....	71
<b>Figure 2</b> : Variation saisonnière de la charge parasitaire des eaux usées du site de rejet (Oued Biskra).....	72

**Figure 3 :** Variation saisonnière de la charge parasitaire des eaux usées du site de rejet (Oued Z'mour).....73

**Figure 4 :** Concentration moyenne des œufs d'helminthes parasites dans les eaux usées de la ville de la ville de Biskra Site I (Oued Biskra).....74

**Figure 5 :** Concentration moyenne des œufs d'helminthes parasites dans les eaux usées de la ville de Biskra (Oued Z'mor).....75

## **CHAPITRE V : CHARGE PARASITAIRE EN ŒUFS D'HELMINTHES AU NIVEAU DE QUELQUES CULTURES MARAICHERES**

**Figure 1 :** Situation de la station d'étude.....81

**Figure 2 :** Technique utiliser pour l'irrigation des légumes.....81

**Figure 3 :** Teneurs en œufs d'helminthes (œufs\100) au niveau des cultures maraichères irriguées par les eaux usées brutes.....83

**Figure 4 :** Représentation des œufs helminthes identifiés sur la culture de carotte irriguée par les eaux usées brutes.....83

**Figure 5 :** Représentation des œufs helminthes identifient sur la culture de l'épinard irriguée par les eaux usées brutes.....84

**Figure 6:** Représentation des œufs helminthes identifiés sur la culture de céleri irriguée par les eaux usées brutes.....84

## Liste Des Abréviations

<b>A.N.A.T :</b>	Agence Nationale d'Aménagement
<b>CT :</b>	Coliformes totaux
<b>DBO5 :</b>	Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours
<b>DCO :</b>	Demande Chimique en oxygène
<b>H.P.E :</b>	Hydraulique projet Est
<b>HD :</b>	Hôte définitif
<b>HI :</b>	Hôte intermédiaire
<b>MES :</b>	Matières En Suspension
<b>MTH :</b>	Maladie à Transmission Hydrique
<b><i>N. americanus:</i></b>	<i>Necator americanus</i>
<b>NTU :</b>	Unité de la turbidité néphélogométrique
<b>OD :</b>	Oxygène dissous
<b>ONM :</b>	Office National de Météorologie
<b>UFC/100 :</b>	Unité Forme Colonie par 100 ml d'échantillon

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **Introduction générale**

L'eau est une ressource précieuse et rare dans les régions chaudes et arides. Dans ces régions, les eaux souterraines jouent un rôle crucial au sein des pays en développement, elles constituent souvent la seule source d'eau potable et d'irrigation. Cette eau est vitale pour le développement socio-économique de ces pays (Rockström et Falkenmark, 2015). Cependant, cette eau est fortement exposée aux altérations et gravement menacée par différentes activités humaines (Lu et *al.*, 2015).

La croissance démographique et le manque de sensibilisation des populations, associés à une urbanisation rapide, une industrialisation et une agriculture intensives, entraînent une dégradation généralisée des habitats naturels et des perturbations de l'intégrité des écosystèmes (Jayaswal et *al.*, 2018), car ces activités génèrent divers polluants qui affectent la qualité physico-chimique, biologique du sol et de l'eau, par conséquent, le biotope (Attoui et *al.*, 2016 ; Ouali et *al.*, 2018). La nature, la faune et la flore, subissent de plus en plus les conséquences de la pollution générée par le développement industriel et la croissance démographique (Belabed et *al.*, 2017 ; Mateo-Sagasta et *al.*, 2018). La pollution de l'eau affectant les rivières, mers, eaux souterraines et les lacs est le résultat du rejet d'eaux usées dans la nature sans ou avec un traitement insuffisant, entraînant ainsi une dégradation de l'habitat et une perturbation de l'équilibre de l'écosystème (Colin et *al.*, 2016).

Plus grave encore le problème des effluents industriels, contenant des polluants toxiques. Généralement, les effluents nécessitent un traitement plus ou moins simple, en fonction du degré d'altération de l'eau, avant leur rejet dans l'environnement naturel (Geissen et *al.*, 2015 ; Kumar et *al.*, 2019). Il est donc nécessaire d'utiliser judicieusement ces ressources en eau et de trouver les meilleures conditions pour les protéger. Il est également important de définir les risques de pollution pour éliminer ou atténuer leurs effets néfastes (Jayaswal et *al.*, 2018).

L'un des aspects négatifs de l'explosion démographique associée aux centres urbains et aux développements industriels sont l'augmentation considérable du volume des eaux usées (domestiques et industrielles), qui sont systématiquement évacuées librement et presque sans contrôle dans la nature (Belabed et *al.*, 2017). Les eaux usées contiennent généralement des excréments humains, des rejets d'hôpitaux et des eaux usées d'abattoirs en plus de leur charge en matières organiques, peuvent également contenir des substances toxiques telles que des sels de métaux lourds, de l'arsenic, des particules radioactives et des microorganismes pathogènes telles que les bactéries, les protozoaires et les helminthes. etc. (Wen et *al.*, 2017).

L'urbanisation, la croissance de l'industrie et l'intensification de l'agriculture ont accru, de manière chronique et / ou accidentelle, la pollution des cours d'eau en altérant sa qualité

physicochimique et biologique (Mateo-Sagasta et *al.*, 2018). Cette pollution chimique, organique et microbiologique provient, entre autres, d'engrais synthétiques et de pesticides utilisés en agriculture et de rejets toxiques d'activités industrielles et minières (Jayaswal et *al.*, 2018). Les eaux de ruissellement et les infiltrations dans le sol polluent les ruisseaux et les mers / océans (Hamed et *al.*, 2018). Les polluants microbiologiques proviennent principalement des eaux usées domestiques et des décharges (Kostyla et *al.*, 2015). Ces polluants sont à l'origine de maladies d'origine hydrique pouvant être à l'origine d'épidémies (Pandey et *al.*, 2014). L'agriculture est actuellement considérée comme la principale source de pollution de l'eau dans plusieurs régions du monde industrialisé développé (Mateo-Sagasta et *al.*, 2018), mais particulièrement dans les pays arides où, pour des raisons climatiques défavorables, l'irrigation avec une eau parfois de mauvaise qualité est un impératif technique inévitable (Oustani et *al.*, 2015). L'une des principales conséquences environnementales de l'intensification agricole actuelle est la dégradation de la qualité de l'eau. Cette dernière se traduit, à la fois pour les eaux de surface et les eaux souterraines, par la pollution liée à la dissémination d'intrants agricoles tels que les produits phytosanitaires, les hydrocarbures azotés et des engrais minéraux phosphatés ou du fumier de bétail (Mateo-Sagasta et *al.*, 2018).

D'autre part, la réutilisation des eaux usées dans l'irrigation des cultures (Bouaroudj et *al.*, 2019) et ses sous-produits tels que les boues d'épuration dans la fertilisation des terres (Boudjabi et *al.*, 2019), fournies à l'aide de traitements adéquats et d'élimination des polluants (Belhouch et *al.*, 2019) peut résoudre en partie les problèmes liés au manque d'eau dans l'agriculture aride et l'insécurité alimentaire dans les zones arides (Fellah et *al.*, 2018).

Les oueds d'Afrique du Nord, y compris l'Algérie, sont devenus des décharges car ils transportent toutes sortes d'écoulements et de déchets solides et liquides (Hamed et *al.*, 2018).

Par exemple, les oueds de Biskra reçoivent des eaux usées rejetées par les localités et les industries (Belabed et *al.*, 2017 ; Oualiet *al.*, 2018). Il convient de noter que cette eau contaminée est utilisée pour l'irrigation, ce qui entraîne le déplacement des polluants vers le sol des terres cultivées (Nellyat, 2016), mais elles peuvent également transmettre des maladies à l'homme par le biais de systèmes agricoles contaminés (Steele et Odumeru, 2004). L'eau en tant que biotope se caractérise par ses caractéristiques physico-chimiques et hydrodynamiques (Hamed et *al.*, 2018). Ainsi, la qualité de l'eau dépend de divers facteurs qui peuvent être modifiés et dégradés (Attoui et *al.*, 2016 ; Rodier et *al.*, 2016). Ces facteurs permettent d'établir un diagnostic du cours d'eau pour évaluer le besoin ou non de gestion des ressources en eau. Par exemple, la température de l'eau est considérée comme un facteur

abiotique important car elle détermine la teneur en oxygène dissous dans l'eau. Aussi le niveau de saturation de l'eau en oxygène dissous est inversement proportionnel à la température (Oualiet *al.*, 2018). De plus, les indicateurs les plus importants de la pollution de l'eau comprennent la demande biochimique en oxygène en sur 5 jours (DBO<sub>5</sub>), demande chimique en oxygène (DCO), produits azotés (nitrates, nitrites et azote ammoniacal), phosphates, concentration en métaux lourds, ainsi qu'une contamination par des microorganismes pathogènes (Rodier et *al.*, 2016).

Les études sur l'impact de la réutilisation des eaux usées sur l'environnement dans les régions arides est profondément négligé en raison de la rareté de l'eau et de son caractère éphémère.

Dans le but de mettre la lumière sur ce sujet nous avons réalisé ce travail de thèse par la présentation des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées brutes de la ville de Biskra, à travers l'analyse des paramètres physico-chimique des effluents de ces rejets urbains, de contribuer à l'évaluation du degré de la pollution bactériologique, évaluer la charge microbiologique des eaux usées et la charge parasitaire en œufs d'helminthes de quelques cultures maraîchères (céleri, épinard et carotte) irriguées par les eaux usées de la ville de Biskra et de leur impact sur le milieu récepteur.

Cette thèse est organisée en cinq chapitres :

- Chapitre I. Nous avons un aperçu sur le pouvoir dissociant de l'eau, les sources de pollutions des eaux usées ainsi que leurs propriétés physico-chimiques et biologiques sont mises en évidence. Le phénomène de parasitisme, son mode d'action sur l'organisme humain et son cycle de développement sont abordés, leurs impacts sur l'environnement et enfin la Réglementation relative à l'eau
- Chapitre II. Dans ce chapitre les caractéristiques de la région d'étude sont mises en évidence, sa situation géographique et son cadre sociologique sont abordés ainsi que les facteurs édaphiques, les facteurs climatiques et la végétation. Les particularités des ressources en eaux sont aussi traitées ainsi que l'aspect socio-économique.
- Chapitre III. Il est dédié à la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées de la ville de Biskra en essayant de suivre leur évolution temporel et les interactions qui se produisent entre ces paramètres
- Chapitre VI. Il traite de la Charge parasitaire des eaux usées brutes des deux sites de rejet de la ville de Biskra (Oued Z'mour et Oued Biskra) en évaluant le niveau de la contamination parasitologique des eaux usées de la ville de Biskra. De façon

spécifique, il s'agit d'identifier les œufs d'helminthes présents dans ces eaux et de décrire la variation de la concentration temporelle de la charge parasitaire.

- Chapitre V. Il est consacré à la charge parasitaire en œufs d'helminthes au niveau de quelques cultures maraîchères : l'objectif est d'évaluer le degré de contamination en œufs d'helminthes de quelques cultures (céleris, carotte et épinard)
- Le manuscrit s'achève par une conclusion reprenant les principaux résultats, et interprétations, puis les perspectives futures qui permettront de compléter ce travail et d'établir certaines corrélations, utiles pour cerner la problématique de la pollution des cours d'eau étudiés, et proposer des solutions pour améliorer leur qualité.

**PARTIE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

**CHAPITRE 1 :**  
**GENERALITES SUR L'EAU**

## **I.1. Introduction**

Dans ce chapitre, un aperçu sur le pouvoir dissociant de l'eau, les sources de pollutions des eaux usées ainsi que leurs propriétés physico-chimiques et biologiques sont mises en évidence. Le phénomène de parasitisme, son mode d'action sur l'organisme humain et son cycle de développement sont abordés, leurs impacts sur l'environnement, ainsi que règlementation relative à l'eau.

## **I.2. l'eau**

L'eau est un très bon solvant, elle dissout un grand nombre de corps ioniques, comme les sels en donnant des ions, ainsi que certaines substances chimiques toxiques ou non, formées de molécules polaires. Cette dissolution résulte du caractère polaire des molécules d'eau qui, grâce aux charges positives et négatives qu'elles portent, sont attirées par les charges de signes contraires des ions ou molécules polaires qui leur sont proches. Elles forment un écran autour de ces ions ou molécules polaires, les séparant de leurs congénères et favorisant ainsi leur dispersion dans le liquide. Cette propriété fait de l'eau, le véhicule privilégié de substances vitales ou toxiques pour le corps humain et les végétaux (Metahri, 2012).

## **I.3. L'eau en Algérie**

La multiplication et l'aggravation des états de carences en eau est entrain de prendre mondialement une dimension de premier ordre. Le niveau des nappes phréatiques est en baisse et menace 1.5 milliard d'habitants sur la planète. Il n'est donc pas exclu que l'eau est amenée à devenir un enjeu stratégique international, pouvant engendrer de graves conflits régionaux. En Algérie, le déficit de cet or bleu est devenu inquiétant confirmant les diverses expertises parant d'hypothèse et usant une méthodologie différentes qui ont toutes conclu que notre pays se trouvera entre 2010 et 2025 confronté à cette pénurie quasi endémique.

Aujourd'hui, la facture des épidémies de MTH (maladie à transmission hydrique) est lourde pour l'état algérien. Le coût de ces épidémies a été évalué à l'équivalent du budget de construction de plus d'une dizaine de stations de traitement des eaux. Les principaux facteurs de ces maladies sont l'insuffisance des ressources hydriques conjuguée à l'absence de traitement de certains points d'eau. En effet sur les 171 Step (stations d'épuration) existantes, 21 sont actuellement exploitées pour l'irrigation des perimetres agricoles et les agriculteurs ne se gênent pas d'irriguer sauvagement leurs cultures avec cette eau polluée. Ajouter à cela, les déperditions d'eau potable dues à la vétusté des réseaux estimées à 30% et les piquages illégaux de l'ordre de 10 % qui rognent sur un volume hydrique déjà bien bas. A travers ce constat, la situation est alarmante et en conséquent, il est urgent, voire vital, de définir une

politique claire en matière de gestion, d'inventaire, de conservation, de traitement, d'utilisation et de recherche des ressources en eau, indispensable pour tout développement économique (Saturday et *al.*, 2021).

#### **I.4. Pollution**

Selon la Directive Européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000, la pollution désigne une dégradation de l'environnement liée généralement à l'activité humaine par l'introduction directe ou indirecte de substances exogènes de nature chimiques, physiques ou biologiques.

Ces derniers sont potentiellement toxiques pour les organismes vivants, et perturbent de manière plus ou moins importante le fonctionnement naturel des écosystèmes. On peut donc définir la pollution comme étant un sous-produit de l'activité humaine, qui peut toucher l'atmosphère, le sol ou l'eau. Elle peut affecter la santé humaine, l'eau de consommation, l'eau de baignade, la production agricole, les espèces animales ou végétales, la beauté des paysages, etc. (Adjagodo et *al.*, 2017).

#### **I.5. Sources de pollutions des eaux usées**

Les rejets des activités domestiques, urbaines, agricoles et industrielles constituent la principale source de pollution des eaux de surface et souterraine. Le vecteur de transport et de dissémination idéale de ces rejets est l'eau. Les eaux usées proviennent de quatre sources principales (Benameur, 2018) :

- Les eaux usées domestiques ;
- Le ruissellement dans les zones agricoles ;
- Les eaux usées industrielles ;
- Les eaux de pluie et de ruissellement dans les villes

##### **I.5.1. Pollution Anthropique**

Elle englobe les rejets liquides et les rejets solides des décharges publiques, qui sont en majorité sauvages et non contrôlées. En effet, les décharges contiennent des matières organiques biodégradables, qui en présence des eaux météoriques, subissent un lessivage vers les eaux superficielles, où elles s'infiltrent vers les nappes phréatiques. Pour les eaux usées qu'elles soient urbaines, domestiques ou des rejets industriels, elles sont directement évacuées dans les oueds sans aucun traitement préalable (Heitz et *al.*, 2017).

##### **I.5.1.1. Pollution d'origine agricole**

La pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, de pesticides, d'herbicides ou de fongicides. L'utilisation extensive de ces produits est à l'origine

de la présence des nitrates et des éléments traces métalliques (Zn, Cu, Pb,...) dans ces eaux (Metahri , 2012).

### **I.5.1.2. Pollution d'origine industrielle**

La pollution la plus importante, générée principalement par les industries minières au niveau des différentes étapes du traitement des minerais métalliques. Ces derniers libèrent une grande variété de substances métalliques, qui contribuent de façon cruciale à la mise en circulation des ETM et à leur distribution dans les sols, les sédiments, les nappes d'eaux et les végétaux (Adjagodo et *al.*, 2017).

### **I.5.1.3. Pollution naturelle**

Ce type de pollution affecte rarement les ressources en eau, il s'agit de l'éruption volcanique, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures ou encore lorsque l'eau entre en contact avec des gisements minéraux, en déclenchant des réactions de dissolution ou d'érosion, entraînant la libération de concentrations inhabituelles en métaux lourds (Adjagodo et *al.*, 2017).

## **I.6. Formes de pollutions**

Selon l'origine et la manière avec laquelle les polluants sont transportés vers les milieux aquatiques on distingue (Rodier et *al.*, 2016) :

### **I.6.1. Pollution ponctuelle :**

Souvent liée à des sources bien identifiées (rejets domestiques ou industriels...). Ce type de pollution peut être éliminé par traitement dans des stations d'épurations (Rodier et *al.*, 2016)..

### **I.6.2. Pollution diffuse :**

Due aux épandages des pesticides et des engrais sur les terres agricoles, elle concerne l'ensemble d'un bassin versant en mettant plus de temps pour atteindre les milieux aquatiques, et ne peut être traitée qu'à la source en diminuant l'usage de substances responsables (Rodier et *al.*, 2016).

### **I.6.3. Pollution permanente ou chronique :**

Ce type de pollution est le plus répandu, il s'agit des rejets domestiques de grande agglomération (Rodier et *al.*, 2016).

**I.6.4. Pollution périodique :** celle qui apparaît périodiquement suite à l'augmentation des rejets lié au tourisme et aux crues (Rodier et *al.*, 2016).

**I.6.5. Pollution accidentelle ou aigue :** liée au déversement intensif de produits toxiques d'origine industrielle, agricole, ou de lessivage des sols urbains (Rodier et *al.*, 2016).

## **I.7. Impact sur l'environnement et la santé humaine**

Les eaux usées rejetées dans les milieux aquatiques sans traitement préalable peuvent occasionner des dégâts irréversibles sur la santé du vivant et sur les écosystèmes.

### **I.7.1. Sur l'environnement**

Le déversement des eaux usées directement dans l'environnement cause de nombreux dangers pour la survie des organismes vivants et l'équilibre écologique. Par exemple la présence de quantités excessives d'azote et de phosphore engendre un phénomène appelé eutrophisation, qui favorise la prolifération de végétaux et diminue la quantité d'oxygène dissous, ce qui provoque à long terme la mort de nombreux organismes vivants au sein du milieu aquatique (poissons, crustacés, etc...) (Ivanowsky, 2016).

La qualité de l'eau des nappes phréatiques peut être également dégradée par l'infiltration des eaux usées à travers le sol, qui permet la migration des polluants présents dans ces eaux usées vers les eaux souterraines (Metahri, 2012).

### **I.7.2. Sur la santé humaine**

L'eau est un élément indispensable à la vie humaine. L'insuffisance ou la mauvaise qualité de l'eau est à l'origine de nombreuses maladies dans le monde, notamment dans les pays en développement où 80% des maladies sont dues à l'eau (Adjagodo et *al.*, 2017 ; Sy et *al.*, 2017).

Les maladies hydriques peuvent être classées selon quatre catégories différentes :

- Maladies transmises par l'eau (parasites, bactéries, virus) ;
- Infections de la peau et des yeux, dues au manque d'eau ;
- Maladies causées par un organisme aquatique invertébré ;
- Maladies causées par un insecte fourmillant à proximité de l'eau.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2013), chaque année 4 milliards de cas de diarrhée, en plus des millions d'autres cas de maladies, sont liés à un manque d'accès à l'eau propre pour la consommation humaine. Chaque année, il y a 1,7 million de personnes qui meurent à la suite de diarrhées, la plupart étant des enfants âgés de moins de cinq ans. La santé humaine est gravement touchée par les maladies liées à l'eau, de même que par la pollution due à des rejets de produits chimiques dans l'eau issus des différentes activités humaines. D'après l'UNICEF 60% de la mortalité infantile dans le monde est due à des

maladies infectieuses ou parasitaires, majoritairement liées à la pollution de l'eau (Rouamba *et al.*, 2016 ; Benkaddour, 2018).

### **I.8. Propriétés physico-chimiques et biologiques des eaux usées**

Selon leurs origines, les eaux usées se caractérisent par une grande variabilité de débits, mais aussi de composition. Elles peuvent contenir des polluants en concentrations variables :

- Des matières en suspension plus ou moins facilement décantables ou coagulables.
- Des matières colloïdales ou émulsionnées : argiles, microorganismes, macromolécules hydrophobes (organiques : huiles, graisses, hydrocarbures, etc.).
- Des microorganismes végétaux ou animaux .
- Des matières en solution de nature organique ou minérale, ou sous forme de gaz dissous. (Rodier *et al.*, 2016).

#### **I.8.1. Propriétés physiques des eaux usées**

Les paramètres physiques se rapportent aux paramètres dont l'objet est la mesure d'une caractéristique physique de l'eau comme (Rodier *et al.*, 2016) :

##### **I.8.1.1. Température**

Elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (Rodier, 2009), La température est considérée aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau ((Derwich *et al.*, 2010), comme la nitrification et la dénitrification dans les processus bactériens (Leynaud,1968). La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C, par contre elle est fortement diminuée pour des températures comprises entre 12 et 15°C. Les températures inférieures à 5°C sont défavorables à ce phénomène. Plusieurs paramètres dépendent de la température de l'eau comme le pH et l'oxygène dissous (Johnson et Wilby, 2015)

##### **I.8.1.2. Conductivité**

La mesure de la conductivité de l'eau nous permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (Chlorures, Sulfates, Calcium, Sodium, Magnésium...). Elle est plus importante lorsque la température de l'eau augmente. La conductivité électrique d'une eau usée dépend essentiellement de la qualité de l'eau potable utilisée, du régime alimentaire de la population et des activités industrielles (Ndrianirina *et al.*, 2020).

### **I.8.1.3. Turbidité**

C'est un paramètre indiquant la réduction de la limpidité de l'eau. Cela est dû à la présence des matières en suspension non dissoutes (MES) provenant de l'érosion et du lessivage des sols, ou des matières particulaires issues de la dégradation de la matière animale et végétale (Hayzoum, 2014 ; Benkaddour. 2018), elle ne peut de ce fait être exprimée en gouttes de silice ou de mastic. La turbidité est donc définie par absorptiomètre. La mesure est effectuée au moyen d'un spectrophotomètre à 450 nm, (Rodier et *al.*, 2016 ; Nehme, 2014). Elle est exprimée généralement en NTU (Unité de la turbidité néphélogométrique).

### **I.8.2. Propriétés chimiques des eaux usées**

Les propriétés chimiques permettent d'identifier une substance pure à l'aide d'une réaction chimique qui changera la nature de la substance (Rodier et *al.*, 2016).

#### **I.8.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)**

C'est un paramètre qui permet la mesure de la concentration des protons H<sup>+</sup> dans un milieu aqueux en déduisant sa nature (acide, basique ou neutre) (Nehme, 2014), caractérise ainsi un grand nombre d'équilibre physico-chimique. La valeur du pH altère la croissance et la reproduction des micro-organismes existants dans une eau. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac toxique pour les poissons (Derwiche et *al.*, 2010 ; Rodier et *al.*, 2016)

#### **I.8.2.2. Matières en suspension (MES)**

Les matières en suspensions comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau (Tessier, 2003). La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspensions peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). Les matières en suspensions sont exprimées en mg/l. (Tessier, 2003).

#### **I.8.2.3. Matières organiques**

La matière organique au sens strict est la matière produite par le vivant à partir des matières inertes (gaz carbonique, eau, nitrate, etc.) en hydrates de carbone (protides, glucides,

lipides) grâce à l'énergie fournie par le soleil (photosynthèse). La matière organique est composée essentiellement de carbone, hydrogène et oxygène. De faibles quantités de nutriments tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le soufre, etc., sont également constitutifs de certaines matières organiques, comme les protéines. (Tessier, 2003).

Deux méthodes permettant d'évaluer la quantité en matière organique présente dans l'eau sont généralement utilisées : la demande biochimique en oxygène (DBO) et la demande chimique en oxygène (DCO).

Ces deux méthodes se basent sur la différence entre la teneur en oxygène dissous initiale et la teneur en oxygène dissous finale après oxydation de la matière organique présente dans un échantillon d'eau (Hasanyar et *al.*, 2020).

- **Demande Biochimique en Oxygène (DBO)** : c'est la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement des micro-organismes, pendant 5 jours à 20 °C, on parle alors de la DBO<sub>5</sub>.
- **Demande Chimique en Oxygène (DCO)** : c'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable bichromate de potassium). Ce paramètre offre une matière oxydable présente dans l'échantillon.

Généralement la DCO est 1,5 à 2 fois la DBO<sub>5</sub> pour les eaux usées urbaines et de 1 à 10 pour tout l'ensemble des eaux résiduaires industrielles. La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la DBO<sub>5</sub> et la DCO est donnée par l'équation suivante :

$$MO = (2 DBO_5 + DCO) / 3$$

La valeur du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> d'une eau usée mixte nous permet d'avoir une idée sur sa biodégradabilité (Bougherira et *al.*, 2017). :

DCO/DBO<sub>5</sub> ~ 1 → bonne biodégradabilité.

DCO/DBO<sub>5</sub> ~ 1,5 à 2,0 → biodégradabilité moyenne.

DCO/DBO<sub>5</sub> ~ 3,4 à 4,0 → biodégradabilité faible

#### **I.8.2.4. Substances eutrophisantes (nutriments)**

Des éléments tels que l'azote (N) et le phosphore (P) constituent des éléments nutritifs (nutriments) indispensables aux végétaux. Les composés qui en contiennent comme les phosphates et les nitrates constituent dès lors des matières nutritives de choix pour les végétaux.

### **a. Matières azotées**

L'azote rencontré dans les eaux usées peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes :

- L'azote organique se transforme en azote ammoniacal.
- L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4$ ) traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée.
- L'azote nitreux ( $\text{NO}_2^-$ ) provient d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrates.
- L'azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ) est produit par nitrification de l'azote ammoniacal. Il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation.

Dans les eaux usées, l'azote se trouve principalement sous forme ammoniacale. Les concentrations des formes oxydées de l'azote sont faibles (Wen *et al.*, 2017).

### **b. Composés phosphorés**

Le phosphore est l'un des composants essentiels de la matière vivante. Les composés phosphorés ont deux origines, le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme d'ions ortho-phosphates isolés, soit sous forme d'ions phosphates condensés ou sous forme d'ions phosphates condensés avec des molécules organiques (Rodier *et al.*, 2016).

## **I.8.3. Propriétés biologiques des eaux usées**

La contamination microbiologique est une forme de pollution de l'eau engendrée par la présence de microorganismes pathogènes et non pathogènes (Cobamil, 2009), ces derniers sont les plus souvent adaptés aux conditions régnant dans le corps humain, c'est pourquoi leur survie est souvent limitée à quelque semaine dans le milieu externe. La plupart des pathogènes (Bactéries, virus et protozoaires) ne peuvent pas vivre au-delà de 2 à 3 semaines sur les plantes et au-delà de 3 semaines sur le sol, quand la température est entre 20°C et 30°C. Les œufs d'helminthes sont la seule exception : ils peuvent conserver leur viabilité pendant des mois voire des années (Baumont *et al.*, 2014).

### **I.8.3.1. Virus**

Les virus sont des parasites intracellulaires obligés qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont

difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les Entérovirus (exemple : polio), les Rotavirus, les Retrovirus, les Adénovirus et le virus de l'Hépatite A. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries et que leurs faibles dimensions soient à l'origine de leurs possibilités de dissémination (Djeddi et Rahmoune, 2007).

### **I.8.3.2. Protozoaires**

Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes, qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires. Ces parasites sont très persistants. Ainsi, selon les conditions du milieu, ces organismes peuvent survivre plusieurs semaines voire même plusieurs années (Campos, 2008). Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées (Gennaccaro et *al.*, 2003). Parmi les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum* (Toze, 2006). En revanche, 10 à 30 kystes, est une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires (Belaid, 2010).

### **I.8.3.3. Bactéries**

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau, leur taille est comprise entre 0,1 et 10 $\mu$ m. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonelles avec plusieurs centaines de stéréotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ; ce sont les coliformes thermo tolérants (Djeddi et Rahmoune, 2007).

### **I.8.3.4. Indicateurs de contaminations fécales**

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup> bactéries/100 ml dont 10<sup>5</sup> proteus et entérobactéries, 10<sup>3</sup> à 10<sup>4</sup> streptocoques et 10<sup>2</sup> à 10<sup>3</sup> clostridiums. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10<sup>4</sup> germes/l. Parmi les plus communément rencontrées nous avons.

- **Coliformes totaux** : ce sont des bactéries de Gram négatif, fermentation de lactose, oxydase négative, anaérobie facultative, non pathogènes et non sporogènes. Les genres généraux des coliformes sont *Escherichia*, *Entérobacter*, *Citrobacter*, *Serratia* et

*Klebsiella*. Mais les données taxonomique modernes montre que ce nombre est en réalité beaucoup plus élevés (Hobeika, 2021)

- **Coliformes d'origine fécaux** : Coliformes fécaux ou coliformes thermo-tolérants, incluant tous les coliformes qui peuvent fermenter le lactose à 44.5°C.
- ***Escherichia coli*** : se trouvent dans les intestins de l'être humain et autres animaux à sang chaud, elles ne se trouvent pas dans les autres environnements mais elle est capable de se multiplier sur la surface des eaux spécifiques et dans les environnements tropicaux. Quelques espèces d'E. coli (exemple : *E. coli* O157 : H7) produisent des toxines, pouvant causer une diarrhée, qui peut provoquer la mort des enfants et des personnes âgés.
- **Streptocoques de groupe D** : bactéries Gram positif, sphérique et ovoïde formant des chainettes, non sporulées, catalase négative, possédants l'antigène de groupe D cultivant en aérobiose à 44°C et à pH 9.6 et capables d'hydrolyser l'Exuline en présence de 40% de bile (NF EN ISO 7899-2) (Hobeika, 2021)
- **Bactéries pathogènes** : d'origine fécale peuvent être recherchées pour confirmer le danger. Cette recherche est souvent pratiquée en liaison avec la déclaration de cas de maladies infectieuses dont on suspecte une origine hydrique (Hobeika, 2021).
- **Salmonelles** : bacilles à Gram négatif, aéro-anaérobies facultatifs ; appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*, mobiles grâce à des flagelles, péritriche ou immobiles, chimio-organotrophes. Les Salmonelles sont des bactéries toujours pathogènes qui peuvent entraîner des épidémies hydriques, deux types de maladies (Hobeika, 2021) :
  - Les fièvres typhoïdes qui sont rare dans les pays industrialisés mais fréquent et meurtrières dans les pays en voie de développement ;
  - Les gastro-entérites sévères avec éventuellement des complications graves.
- **Shigella** : sont des bactéries bâtonnées à Gram négatif, aéro-anaérobies facultatives, oxydase négative et fermentent le glucose avec ou sans production de gaz (Ait Abdelouahab, 2008). Il y a quatre espèces de Shigella : *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii* et *S. sonnei*. Leurs origines sont le tube digestif de l'homme, des primates, peuvent provoquer des gastroentérites graves. Jusqu'à maintenant, il n'y a pas un vaccin efficace pour cette bactérie (Loucif et al., 2020).

➤ **Clostridiums sulfate-réductrices :**

Ce sont des bactéries sporulées très résistantes aux conditions défavorables de l'environnement (Chaleur, les radiations, Ultraviolet,). Ce sont des bactéries qui indiquent la bonne filtration au cours du traitement (Alvarado, 2016)

### **I.8.3.5. Parasites**

Le phénomène parasitaire est largement répandu dans le monde vivant. Chaque espèce est susceptible d'être parasitée. Tous les grands groupes, depuis les unicellulaires jusqu'aux végétaux et animaux, comprennent des espèces parasites. Sous des formes diverses, le parasitisme est présent depuis les êtres les plus simples, tels les virus, jusqu'aux êtres organisés les plus complexes. Le fait parasitaire permet de poser, séparément et d'une façon plus synthétique, tous les grands problèmes de la biologie à travers un couple privilégié, le couple hôte-parasite, dont l'étude permet des modélisations fructueuses (Anofel, 2014).

#### **I.8.3.5.1. Parasitisme**

Le parasitisme est un mode de vie dans lequel un organisme (le parasite) utilise un autre organisme (l'hôte) comme habitat et comme nourriture. On le définit comme une relation écologique entre deux organismes eucaryotes, le parasite et son hôte ; le parasite étant physiologiquement ou métaboliquement dépendant de l'hôte.

Le parasitisme constitue le moyen de vie le plus répandu. Ainsi plus de 50 % des espèces animales sont des parasites et beaucoup d'entre eux affectent la santé des individus et des animaux domestiques (Thomas, 2004).

#### **A. Degrés du parasitisme**

On distingue :

- **Parasites facultatifs :** sont très souvent des saprophytes (Saprozoides) pour lesquels le parasitisme n'est qu'une option possible nécessitant certaines conditions.
- **Parasites obligatoires :** ou parasite vrais, au contraire ne peuvent vivre que liés à un hôte (Benouis et *al.*, 2013).

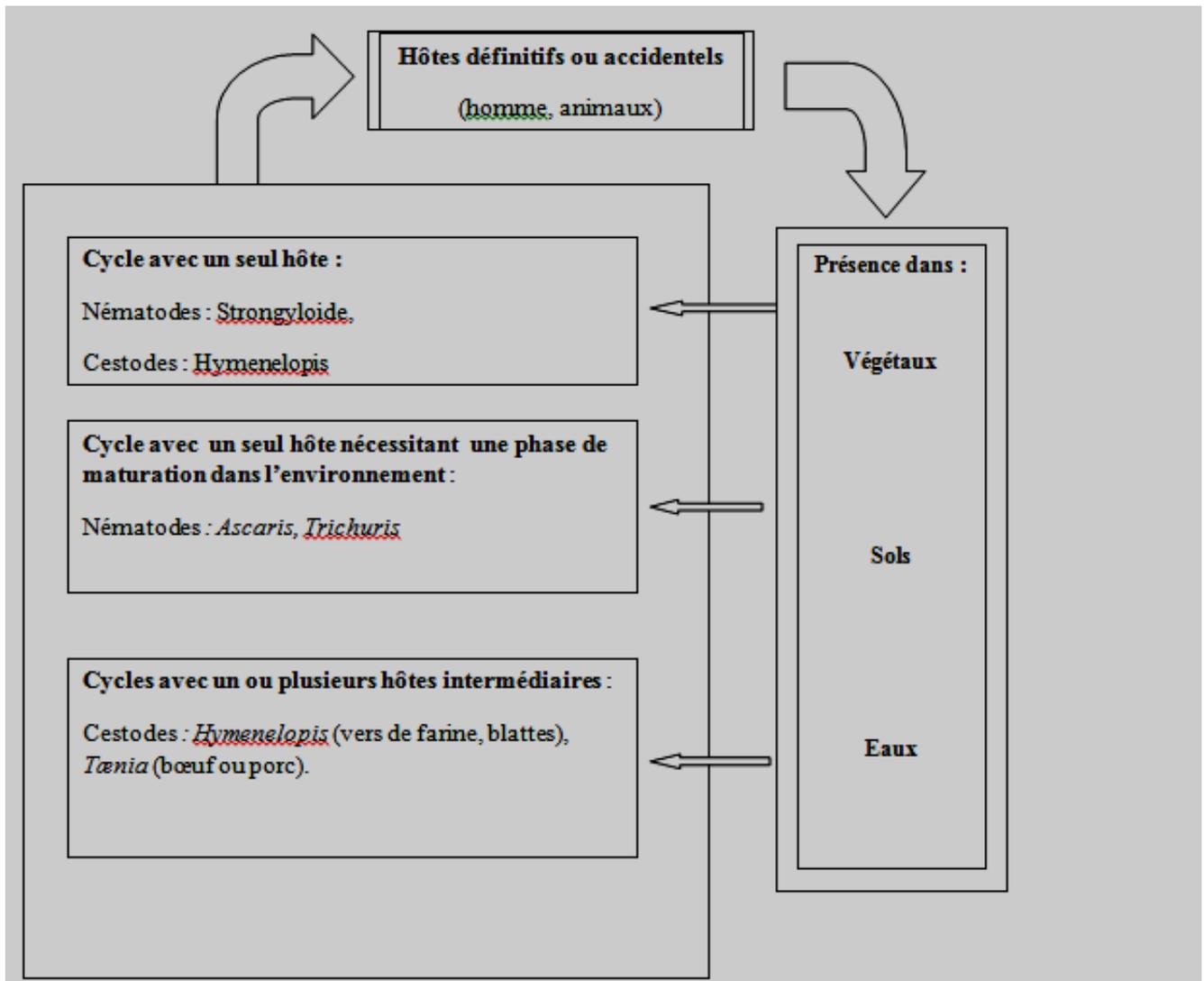
#### **a) Cycle évolutif**

Succession d'événement obligatoire permettant le passage d'une génération à la génération suivante (Benouis et *al.*, 2013), avec ou sans passage dans le lieu extérieur. On distingue parmi ces cycles évolutifs :

- Des cycles directs : les parasites peuvent être alors immédiatement infectants, donnant chez l'hôte définitif des auto-infestations (le parasite est monoxène).

- Des cycles indirects avec un seul hôte intermédiaire, ou avec plusieurs hôtes intermédiaires successifs (le parasite est hétéroxène).

La connaissance parfaite de chacune des étapes du cycle est indispensable à la compréhension des modes d'infestation de l'homme, et des techniques de prophylaxie qui en découlent représenté sur le graphe suivant (Vourc'h et *al.*, 2021)



**Figure 1 .** Cycle de développement des maladies parasitaires à contaminations de types oro-fécal, (Vourc'h et *al.*, 2021)

b) **Hôte**

✓ **Hôte définitif**

C'est l'être vivant qui héberge la forme adulte du parasite. Ce stade adulte se définit avant tout par la fonction de reproduction qui lui est dévolue.

**✓ Hôte intermédiaire**

C'est l'être vivant chez lequel le germe pathogène doit obligatoirement séjourner pour y subir les transformations qui l'amèneront à sa forme infectante, la seule qui possède le pouvoir contaminant (Vourc'h et *al.*, 2021).

**✓ Vecteur**

Organisme qui sert d'hôte à un agent pathogène, et qui est susceptible de le transmettre à un autre organisme (Vourc'h et *al.*, 2021).

**✓ Hôte d'attente (ou hôte d'enkystement)**

Il arrive que certaines larves de parasites, absorbées avec l'hôte intermédiaire par un prédateur de celui-ci, ne trouvent pas dans ce nouveau milieu intérieur où elles sont introduites des conditions favorables à leur transformation en adultes.

La larve survit sans subir aucun phénomène de maturation. Elle se contente d'attente que le prédateur soit à son tour la proie d'un hôte chez lequel elle pourra accomplir son destin ce "au premier degré" devient donc un hôte d'attente (Vourc'h et *al.*, 2021).

**B. Spécificité parasitaire**

La spécificité parasitaire est la somme des modifications anatomiques et physiologiques qu'a subi le parasite pour s'adapter aux conditions de vie que lui offre son hôte. Cette notion entraîne un triple corollaire dont l'importance est extrême pour la compréhension de la pathologie parasitaire (Vourc'h et *al.*, 2021).

**✓ Voie de pénétration**

Les formes infestantes sont libres dans la nature et entrent dans l'organisme humain :

- Par voie buccale (cas des larves infestantes des douves).
- Par voie transcutanée (cas des larves infestantes des schistosomes).
- Par voie pulmonaire (inhalation des poussières contenant la rickettsie).

Les formes infestantes sont chez un hôte intermédiaire, et la transmission du "germe" à l'homme se fait :

- Par voie buccale.
- Par intervention du vecteur hématophage.

**✓ Localisation du parasite dans l'hôte**

La localisation est fonction du degré d'adaptation du parasite à son hôte. L'ectoparasite est la première étape, puis le parasite de tube digestif, ensuite le parasite de la cavité génitale, le parasite des tissus différenciés, enfin le parasite intracellulaire le plus évolué.

### **C. Modes d'action des parasites sur l'organisme humain**

#### **✓ Action spoliatrice**

Certains helminthes, comme les oxyures se nourrissent du contenu intestinal ; leur rôle spoliateur est donc insignifiant, d'autres comme les Ankylostomes se nourrissent de sang et en gaspillent beaucoup, d'où leur action spoliatrice non négligeable (Vourc'h et *al.*, 2021).

#### **✓ Action toxique**

Les arthropodes hématophages incluent dans la plaie des substances toxiques contenues dans leur salive. Dans bien des cas, plus que les sécrétions, ce sont les excréments du parasite qui sont toxiques (Vourc'h et *al.*, 2021).

#### **✓ Action traumatique**

Elle est souvent minime mais sa répartition finit par créer des troubles dans les zones chaudes. Par exemple, le cas où les malades sont parasités par un nombre important d'Ascaris, qui obstruent le conduit digestif (Vourc'h et *al.*, 2021).

#### **✓ Action infectieuse**

On a accusé les parasites intestinaux inoculé des bactéries pathogènes dans la muqueuse digestive. Il est difficile d'apporter la preuve de cette action (Vourc'h et *al.*, 2021).

### **D. Classification des parasites**

Il existe deux formes de parasites présents dans le milieu hydrique : les métazoaires et les protozoaires (Vourc'h et *al.*, 2021).

#### **a. Protozoaires**

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. Les protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est - à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste (Habib et El Rhazi, 2007).

#### **b. Métazoaires :**

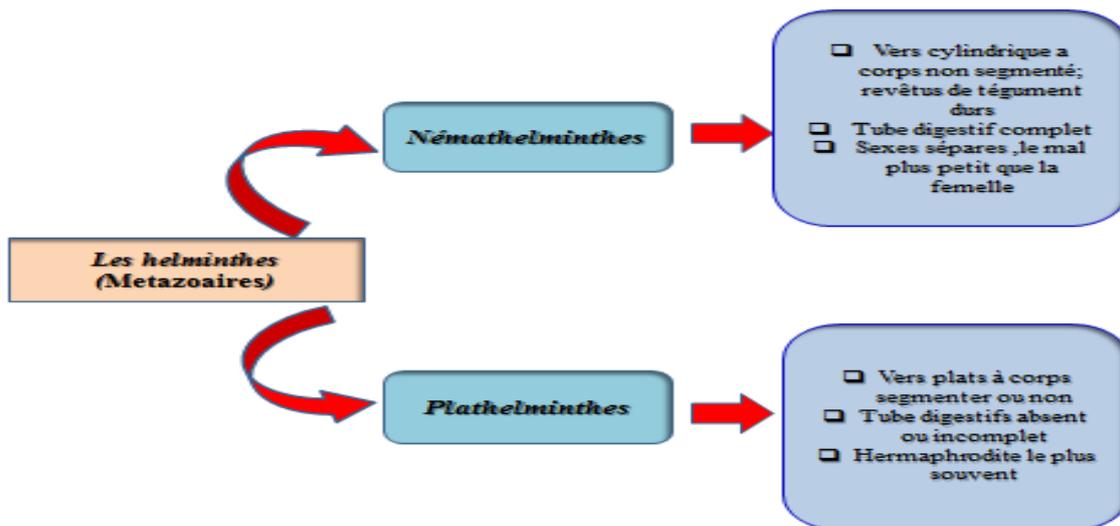
Composé d'arthropodes et d'helminthes

- Arthropode : animal constitué d'une suite d'anneaux durs extérieurement, supplément articulés entre eux et dont certains portent une paire d'appendices ventro-latéraux (pattes par exemple), eux-mêmes divisés en segments articulés et servent de vecteur permettant le transport du parasite (Habib et El Rhazi, 2007)
- Helminthes qui sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants et

peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en œuf d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10<sup>3</sup> œufs /l (Djeddi et Rahmoune, 2007), pour cela nous avons essayé de les représenter sous forme de schéma afin de bien visualiser leurs caractéristiques (figure .2,3,4)

### a) Classification des helminthes

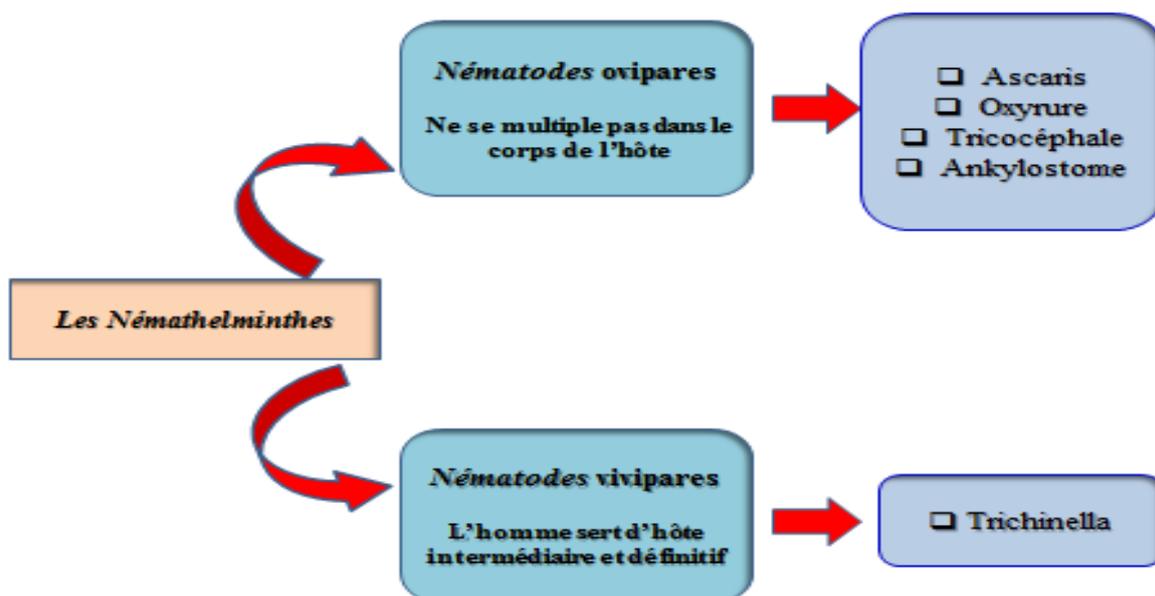
Sous embranchement des vers ou helminthes, comprend deux embranchements : les *Plathelminthes* et les *Némathelminthes* avec les caractéristiques générales suivantes :



**Figure 2 .** Les caractères morphologiques des helminthes parasites (Dallas et Jordano, 2021).

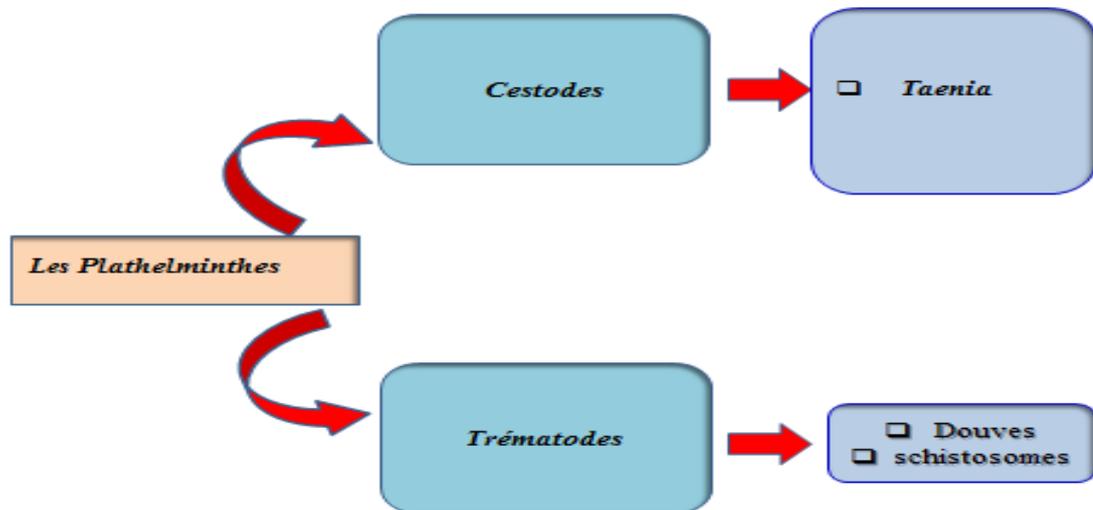
### Les némathelminthes

*Les Némathelminthes* présentent quant à eux l'ordre des nématodes qui comprennent



**Figure 3 .** La classification des Némathelminthes parasites (Dallas et Jordano, 2021).

*Les Plathelminthes* présentent deux classes qui comprennent les espèces qui parasitent l'homme (Dallas et Jordano, 2021).



**Figure 4 .** La classification des Plathelminthes parasites (Dallas et Jordano, 2021).

### E. Voies de sortie du parasite

- Rejet par les excréments :
  - **Selles** : voie d'élimination des œufs ou des larves d'*Helminthes*.
  - **Urines** : voie de sortie des œufs de *S. haematobium*.
- Rejet par sécrétion : est le cas des œufs de *Douve* du poumon dans la sécrétion bronchique.
- Rejet par une plaie cutanée : meilleur exemple est celui des larves de filaire de Médine ou des mouches agents des myiases.
- Intervention du vecteur.
- Mort de l'hôte (Vourc'h et *al.*, 2021).

#### a. Conditions déterminantes de l'infestation

- L'agent pathogène : sa morphologie, sa physiologie.
- Le ou les hôtes intermédiaires : qui assurent l'infectiosité du parasite à l'égard de l'homme.
- Le ou les vecteurs qui assurent la pénétration du parasite dans l'organisme humain.
- Le ou les animaux en dehors de l'homme, peuvent héberger le parasite et le disséminer.

Les possibilités de résistance de l'homme sain à l'agression parasitaire (Vourc'h et *al.*, 2021).

Nous avons résumé sous forme de tableau comment l'homme est contaminé par les œufs d'helminthes

**Tableau 1.** Mode de contamination de l'homme par les helminthes (Mamine et *al.*, 2020)

Nom	Stade contaminant	Temps minimum D'incubation dans la nature	Hôte intermédiaire ou mode de contamination
<i>Anguillule</i>	Larve	2 à 8 jours à 25°	Pénétration transcutanée
<i>Ankylostome Necator</i>	Larve	10 jours à 25°	Pénétration Transcutanée de boue
<i>Ascaris</i>	Œufs	3 semaines à 25°	Légumes verts crus
<i>Oxyure</i>	Œufs	0 à quelques heures	Mains sales, poussière
<i>Trichocéphale</i>	Œufs	3 à 4 semaines à 25°	Légumes verts crus
<i>Hymenelopsis</i>	Œufs ou larve cysticercoide	Direct ou 4-5 jours	Mains, crudités Ver de farine
<i>Tænia saginata</i>	cysticerque	2,5 à 4,5 mois	Viande de bœuf crue
<i>Taenia solium</i>	cysticerque	3 mois	Viande de bœufs crue

## b. Facteurs favorisant de l'infestation

### ✓ Facteurs d'ordre général

- Biogéographiques : les parasites ont souvent une répartition stricte à la surface du globe.
- Climatologiques : pour une large part le climat règle la répartition, non seulement dans l'espace, mais aussi dans le temps.
- Géologiques : la granulométrie, le pH, la composition et l'humidité d'un sol peuvent expliquer la présence ou l'absence d'un parasite dans un endroit donné.
- Anthropologiques : les circonstances humaines locales interviennent de façon puissante et sont liées au mode de vie, aux habitudes culinaires, à l'abondance et à la qualité de l'alimentation, aux pratiques religieuses, aux cataclysmes naturels ou provoqués par l'homme (Vourc'h et *al.*, 2021).

### ✓ Facteurs d'ordre individuel

La réceptivité de l'individu sain, sa résistance à l'infestation, l'évolution même de la maladie peuvent être modifiées par des facteurs liés au :

- **Sexe** : le *Trichomonas* est banal chez la femme et rare chez l'homme.
- **Age** : nombre des *Teignes* guérissent à la puberté.

- **Profession** : l'*Ankylostomiase*, en zone tempérée, ne se voit que chez les mineurs.
- **Ethnie** : La sensibilité au paludisme est très grande chez les jaunes et moyenne chez les blancs, faible chez les noirs.
- **Maladies intercurrentes** : L'amibiase se déclenche au décours d'une agression de la muqueuse colique par un facteur chimique, mécanique ou bactérien.
- **Constitution du sujet** : dans la même famille où tous les enfants sont soumis aux mêmes conditions d'infestation, certains sont porteurs d'*Oxyure* alors que les autres demeurent indemnes (Vourc'h et al., 2021).

### I.9. Maladies à transmission hydrique

Dans le monde, la source de 60% des habitants des pays en voie de développement, n'a pas accès à une source d'eau potable sûre. Selon l'OMS, 80% des maladies qui affectent la population de la planète sont liées, en partie, à l'insuffisance de l'évacuation des matières fécales et au manque d'approvisionnement en eau propre (Rodier et al., 2016). Les maladies à transmission hydrique, ce sont des maladies liées à l'eau soit : par ingestion, par le contact ou par le fait que les vecteurs ou les hôtes intermédiaires vivent ou se développent dans l'eau. Les pathologies liées à l'eau peuvent être d'origine bactérienne, virale, parasitaire, liées au manque d'eau et liées à la présence de substances chimiques dans l'eau.

#### I.9.1. Maladies d'origine bactérienne

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne. On les cite avec les différents germes en cause :

- Le choléra (*Vibrio cholerae*)
- La fièvre typhoïde et gastro-entérite (*Salmonella typhi* et *E. Coli*)
- Schigellose (*shigella spp*)
- La tuberculose (*Mycobacterium tuberculosis*).

#### I.9.2. Maladies d'origine virale

Aux côtés des maladies d'origine bactérienne, nous avons des maladies virales. On peut citer :

- La poliomyélite
- Les hépatites virales et entérovirus.

### I.9.3. Maladies d'origine parasitaire

En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites comme exemple (l'ankylostomose, la dracunculose, le téniasis etc). Pour la plupart des maladies liées à l'eau telles que le paludisme, la dengue et les infections gastro-intestinales, il n'existe pas de vaccination. La résistance aux insecticides a miné l'efficacité des programmes de contrôle des vecteurs de maladies, et la résistance des bactéries aux antibiotiques ainsi que celle des parasites à d'autres médicaments sont en augmentation (UNESCO, 2003). L'évaluation du risque microbien progresse dans les deux premiers tiers du XXème siècle, notamment en ce qui concerne les maladies transmises par voie hydrique (*Salmonella*, *Shigella*) (Mamine et al., 2020).

#### I.9.3.1. Résistances des œufs d'helminthes dans l'environnement

Dans l'environnement, la résistance des œufs d'helminthes est très variable selon le type d'œuf étudié et selon la nature de l'échantillon analysé : eaux-sol-végétaux (tableau : 02)

**Tableau 2.** Capacités de survie sur le sol et les végétaux de quelques agents pathogènes (Mamine et al., 2020).

Organisme	Résistance			
	Faible	Moyenne	Bonne	Excellente
<b>Œufs d'helminthes</b>				
<i>Oxyures</i>				
<i>Strongyloide</i>				
<i>Ascarides</i>				
<i>Tinéidés (Echinococcus, Taenia)</i>				
<i>Strongyloides spp</i>				
<i>Trichures</i>				

**I.9.3.1.1. Résistance des œufs d'helminthes dans les eaux :**

Dans les eaux usées, la persistance de certains œufs comme les œufs d'*Ascaris* est évaluée de quelques mois à plus d'une année. Cette importante résistance est à l'opposer aux durées de survies, plus brèves des divers types de pathogènes, retrouvés dans les eaux usées (Stein, 1989).

**I.9.3.1.2. Résistances des œufs d'helminthes dans les sols :**

La survie des œufs d'helminthes dans les sols sont généralement obtenus après contamination artificielle. Les durées de survie de l'œuf d'*Ascaris*, s'échelonnent de 20 jours à 14 ans, pour l'œuf de *Tænia* : 8 jours à plusieurs mois, pour l'œuf de *Trichuris* : 3 mois à plusieurs mois. L'extrême dispersion des œufs des helminthes est liée à divers facteurs : l'ensoleillement ou l'ombre, nature du sol (argile, sable), humidité, pH, température. Sur le sol argileux ombragé après 83 j, 89% des œufs d'*Ascaris* sont retrouvés viables contre 26% seulement sur le même sol ensoleillé.

L'influence de l'humidité, elle a été étudiée sur différents types d'œufs d'*Ascaris* (homme, porc...), des atmosphères avec une humidité s'échelonnant de 40% à plus de 80% sont nécessaires pour obtenir l'embryonnement.

La composition physique et chimique des sols, la propriété des sols qui influence le plus fortement et le plus directement le développement et la survie des œufs d'helminthes est la capacité de rétention de l'eau.

Les sols argileux sont lourds et absorbants tandis que les sols sableux sont légers, aérés et retiennent peu d'eau. L'*Ascaris* semble s'embryonner de préférence sur les sols argileux plutôt que sur les sols sableux. La température, dont le pourcentage d'œufs retrouvés est inversement proportionnel à la température (Mamine et *al.*, 2020). (Tableau : 03).

**Tableau 3.** Durées de survies des helminthes observés dans les sols (Mamine et *al.*, 2020).

Durée de vie	Milieu	Condition
5 à 7 ans ( <i>Ascaris</i> ) Plusieur année ( <i>Ascaris</i> )	Sol argileux Sol argileux	Hiver 4C°
>18 mois ( <i>Trichuris</i> ) <18 mois ( <i>Trichuris</i> ) 9 mois ( <i>Taenia</i> ) 30 à 90 jours ( <i>Taenia</i> )	Sol sableux Sol sableux Sol argileux peleuse	Ensoleillé Eté chaud et sec 25C° 30C°

### I.9.3.1.3. Résistance des œufs d'helminthes sur les végétaux :

La survie des micro-organismes pathogènes sur les végétaux est très variable selon le type de micro-organisme étudié (les helminthes, les bactéries, les virus et les protozoaires). Principalement pour les œufs d'helminthes présente une durée de survie de 1 mois à 5 mois. (Tableau : 04).

**Tableau 4.** La survie des œufs d'helminthes dans les sols et sur les végétaux (Mamine et *al.*, 2020).

Milieu	Durées de survie	Condition rencontrées
Végétaux	< 1 mois	Été, sur tomates et laitues( <i>Ascaris</i> ).
	<1 mois	Été, sur tomates et laitues( <i>Ascaris</i> ).
	1à2 mois	Hiver ,16C° sur herbe ( <i>Ascaris</i> ).
	6 mois	Conditions non citées sur herbes ( <i>Taenia</i> ).
	7 mois	Printemps sur prairies ( <i>Taenia</i> ).
	7 mois	hiver dans foin ( <i>Taenia</i> )
Sols	<1 mois	Temps ensoleillé, sol sableux( <i>Ascaris</i> ).
	<1 mois	Sols limoneux ( <i>Ascaris</i> ).
	1à 2 mois	Hiver, sol limono- argileux( <i>Ascaris</i> ).
	2à 3 mois	Printemps, type de sol non cité( <i>Ascaris</i> ).
	6 mois	Hiver, type de sol non cité( <i>Ascaris</i> ).
	6mois	Automne, hiver type de sol non cité( <i>Taenia</i> ).
	6 mois	Été, automne, sol de prairie, ( <i>Taenia</i> ).
	12 mois	Sols limoneux (10-20cm) ( <i>Ascaris</i> ).
	24 mois	Sols humide (5 à 20C°), ( <i>Ascaris</i> ).
	36 mois	Sols limoneux, ( <i>Ascaris</i> ).

Entre les différentes espèces parasitaires, ils existent une différence importante : certains helminthes.

Présentent une résistance exemplaire (*Tænia* et *Ascaris*), d'autres ont une durée de vie beaucoup plus courte.

Les études, se rapportant aux végétaux peuvent être subdivisées en 2 parties :

**La première partie :** concerne les fourrages et les prairies, essentiellement, par la recherche d'œufs de *T. saginata*. Plusieurs études montrent que sur des prairies où sont effectués des épandages de boues et d'eaux usées, des œufs de *Tænia* peuvent être retrouvés. Leur survie est inversement proportionnelle à la température, si celle-ci est

supérieure à 0 C°. Ces œufs peuvent survivre de 6 à 12 mois en atmosphère humide, en période de sécheresse leur survie n'excède pas 2 mois. (Tableau : 05)

**Tableau 5.** Durée de survie des œufs des *Tænia* sur herbe et ensilage (Mamine et *al.*, 2020).

Pays	Type de prélèvement	Température ou saison	Survie (jours)
Allemagne	Herbe	10C°	180
	Ensilage	Printemps	160
	Prairie	Printemps	160
	Prairie		108
Australie	Herbe	Juillet-septembre	57
	prairie		100
Canada	Herbe	Eté	9
	Herbe	Automne	34
Danemark	Herbe	Eté	58
	Herbe	Hiver	159

**La deuxième partie :** la survie des œufs d'helminthes sur les végétaux destinés à l'alimentation humaine, concernant la contamination des fruits et légumes par les œufs d'helminthes à la suite d'irrigation avec des eaux usées. (Tableau : 06)

**Tableau 6.** Niveau de contamination des végétaux comestibles par les œufs d'helminthes. (Mamine et *al.*, 2020).

Pays	Type d'irrigation Ou De Fertilisation	Végétaux	Type et Niveau DE Contamination
Chine	Fumier + Matière Fécale + Sol	Chou Laitue Epinard	100% 92%
	Matières Fécale Humaines	Radis Tomate Céleri, Chou	54% 43% 0% 0%
Corée Du Sud	Gadoue	Légumes Verts Carotte	38 œufs <i>Ascaris</i> /100G 0,6 œufs <i>Ascaris</i> /100G
USA	Eau Usée	Légume Chou Salade Carotte Radis Epinard	6% 0% 2% 2 - 4,1% 2,1 - 4,3% 9,8%

Sur les végétaux les durées de survies sont importantes lorsque l'humidité est suffisante. Dans le cas contraire, la persistance est limitée à un mois sur des cultures de tomates et de

salades en périodes estivales, 6 semaines après épandage de boue liquide et sur une végétation prairiale haute (15 cm), 5% des œufs restants viables.

## **I.10.Réglementation relative à l'eau**

### **I.10.1.Réglementation algérienne**

Les eaux usées sont perçues comme une combinaison d'un ou de plusieurs des éléments suivants : les effluents domestiques constitués d'eaux-vannes (excréments, urine, boues fécales) et d'eaux grises (eaux usagées provenant du lavage, de la lessive et du bain) ; les eaux provenant des commerces et institutions, y compris les hôpitaux ; les effluents industriels, les eaux pluviales et autres eaux de ruissellement urbain ; les eaux de ruissellement agricole, horticole et aquacole (Raschid-Sally et Jayakody, 2008).

La détermination des paramètres de pollution est essentielle pour caractériser et suivre la qualité des eaux, pour cela des méthodes analytiques normalisées doivent être utilisées. Les résultats obtenus sont comparés aux valeurs limites notifiées dans les décrets exécutifs inscrits dans les journaux officiels tel que :

Le Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427, correspondant au 19 avril 2006, définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Il fixe les normes des paramètres indicateurs de pollution (voir Tableau 1) (Annexe 4). Ces normes ont été utilisées pour évaluer la qualité du rejet étudié dans ce travail.

Décret exécutif n° 09-209 du 17 Joumada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration(voir Tableau 2) (Annexe 5)

Arrêté interministériel du 8 Safar 1433, correspondant au 2 janvier 2012, fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. Il concerne la réutilisation des eaux usées épurées dans le secteur agricole (irrigation des cultures) (voir Tableau 3) (Annexe 6). Ces normes ont été utilisées dans ce travail afin d'évaluer la qualité physico-chimique des rejets urbains bruts étudiés. Il n'existe pas de normes pour les rejets urbains non épurés.

### **I.10.2. Réglementation de l'Organisation Mondiale de la Santé**

Selon l'OMS, les normes caractéristiques par la suppression de certains éléments contenus dans l'eau usée sont notées dans le (Tableau 4), (Annexe 7) (Traitement proposé pour répondre aux critères sanitaires applicables à la réutilisation des eaux usées selon l'OMS(2013).

**CHAPITRE II :**  
**CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA**  
**REGION D'ETUDE**

## II.1. Introduction

Dans ce chapitre, les caractéristiques de la région d'étude sont mises en évidence, sa situation géographique et son cadre sociologique sont abordés ainsi que les facteurs édaphiques, les facteurs climatiques et la végétation, les particularités des ressources en eaux sont aussi traitées.

## II.2. Présentation de la Région de Biskra

La wilaya de Biskra est localisée au Nord-Est algérien à environ 450 km du Sud-Est d'Alger et s'étend sur une superficie de près de 22.379, 95 km<sup>2</sup> et compte actuellement 12 Daïras et 33 Communes. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Batna, au Nord-Est par la wilaya de Khenchla, au Nord-Ouest par la wilaya de Msila, au Sud-Ouest par la wilaya de Djelfa, au Sud-Est par la wilaya d'El oued et au Sud par la wilaya d'Ouargla (D.S.A, 2015).

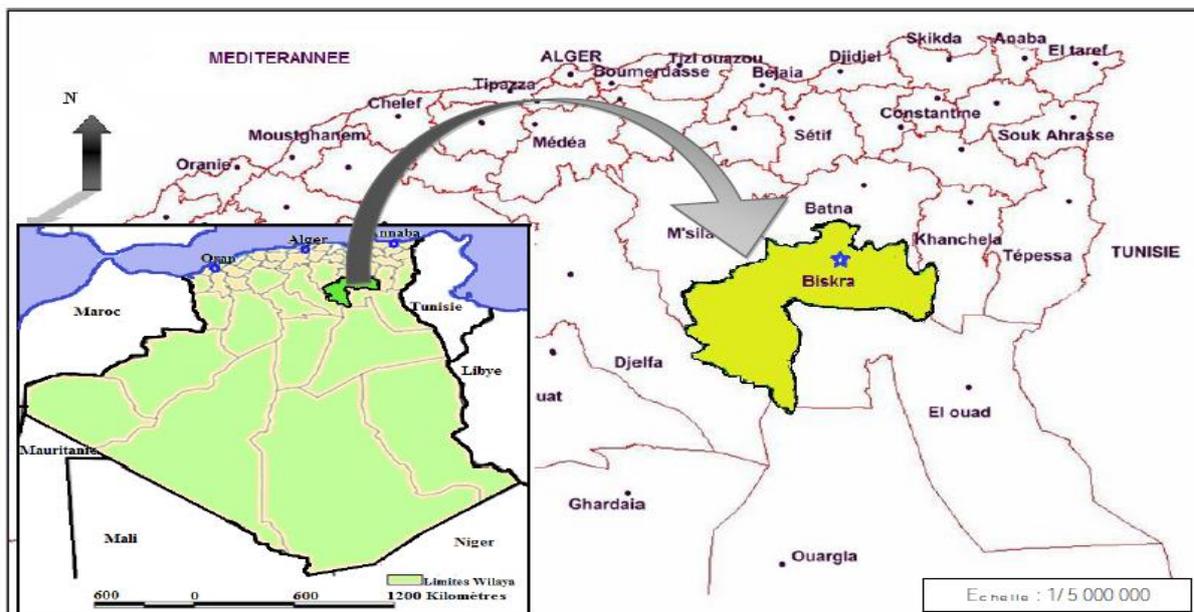


Figure 1. Situation de Biskra dans la carte d'Algérie (ANAT, 2015).

## II.3. Facteurs abiotiques

Dans cette partie sont présentés la géologie, la géomorphologie et ressources en eaux, les ressources en sols et les facteurs climatiques qui caractérisent la région de Biskra.

### II.3.1. Facteurs édaphiques

Les facteurs édaphiques ce sont les facteurs liés aux sols tels que la géologie, la géomorphologie et la pédologie.

### II.3.1.1. Géologie générale

#### II.3.1.1.1. Les principales unités structurales des Ziban

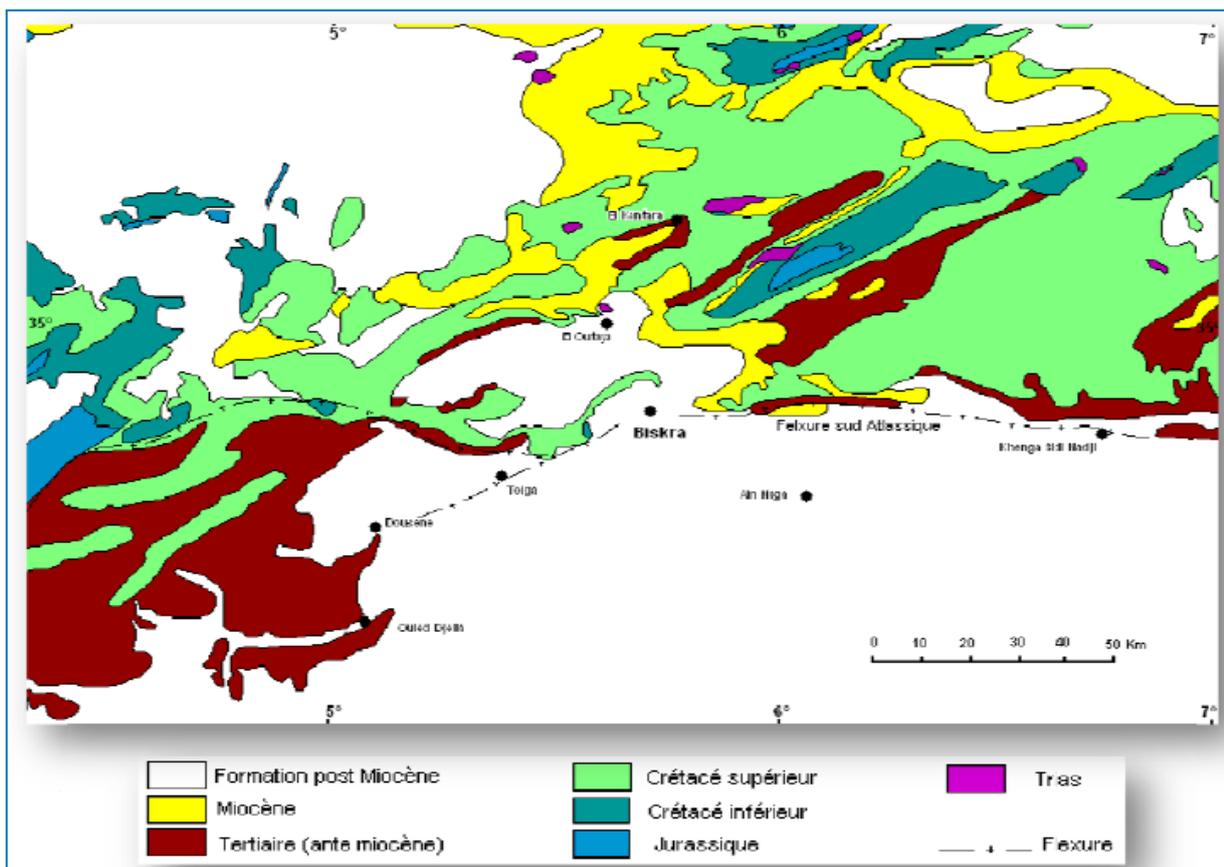
La région de Biskra appartient aux deux grands ensembles structuraux :

- **L'atlas Saharien** : au nord formant une longue suite de reliefs orientés NE-SO, C'est le domaine de la Berbérie (Busson, 1989) limité au sud par la flexure sud atlasique (Chabour, 2006 ; farhi, 2014).
  - L'Atlas saharien est né d'un long sillon subsident compris entre les hauts plateaux et la plate-forme saharienne. Au Mésozoïque, ce sillon fut comblé par une puissante série sédimentaire (7000 à 9000m.). Durant le Tertiaire, une tectonique compressive réactive les structures extensives antérieures en failles et structures inverses aboutissant à la formation de cette chaîne montagneuse ;
  - Les monts des Aurès prolongent l'Atlas saharien vers le Nord-est. Ils se présentent sous forme d'une série de synclinaux et anticlinaux de direction ENE (Guiraud, 1990). Sa jonction avec la plaine d'El Outaya et Biskra se fait par l'intermédiaire des djebels Metlili, El Azreg (dans sa partie méridionale) ;
- **La plate-forme saharienne** : relativement stable, où la tectonique est moins prononcée, appartient au craton africain. Elle est caractérisée, en général, par des régions plates (Chabour, 2006 ; Farhi, 2014). Elle comprend un socle précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire, structurée au Paléozoïque en plusieurs bassins sédimentaires. Ces derniers sont délimités par différents éléments tectoniques et dans lesquels la lithostratigraphie est plus ou moins complète.

#### II.3.1.1.2. Stratigraphie de la région d'étude

Du point de vue stratigraphique la région de Biskra forme une zone de transition progressive entre le domaine atlasique et le domaine saharien septentrional car la continuité géologique de part et d'autre de l'accident sud atlasique est vérifiée entre Branis et Chetma. (Chebbah, 2007). C'est une région « synorogénique » liée principalement à la tectonique de l'orogène atlasique (alpine). A tous moments les phénomènes tectoniques synsédimentaires d'ampleurs diverses commandent la sédimentation, par conséquent le devenir des bassins. La région a vécu du Miocène au Quaternaire et en partie à l'actuel (figure 6) Elle appartient à un ensemble d'aires sédimentaires diachrones plus ou moins indépendantes qui se sont surimposées à l'orogène tellienne ou hercynienne. Dans toute la région, les parties centrales des

bassins sont formées par une suite de vastes dépressions remplies de sédiments quaternaires (et mio-pliocènes par endroits), séparées par des reliefs montagneux limités ou recoupés par des accidents transverses : des seuils (paléostructures) sur lesquels affleure le Néogène (Miocène et Pliocène). Les massifs bordiers, tant au Nord qu'au sud de l'accident sud-atlasique, montrent des affleurements importants. Le type de l'érosion, l'absence ou la rareté de la végétation, ont permis de lever des coupes dans les sédiments siliciclastiques ou



**Figure 2.** Extrait de la Carte Hydrogéologique de Biskra (Carton esquisse géologique et tectonique (Farhi, 2014).

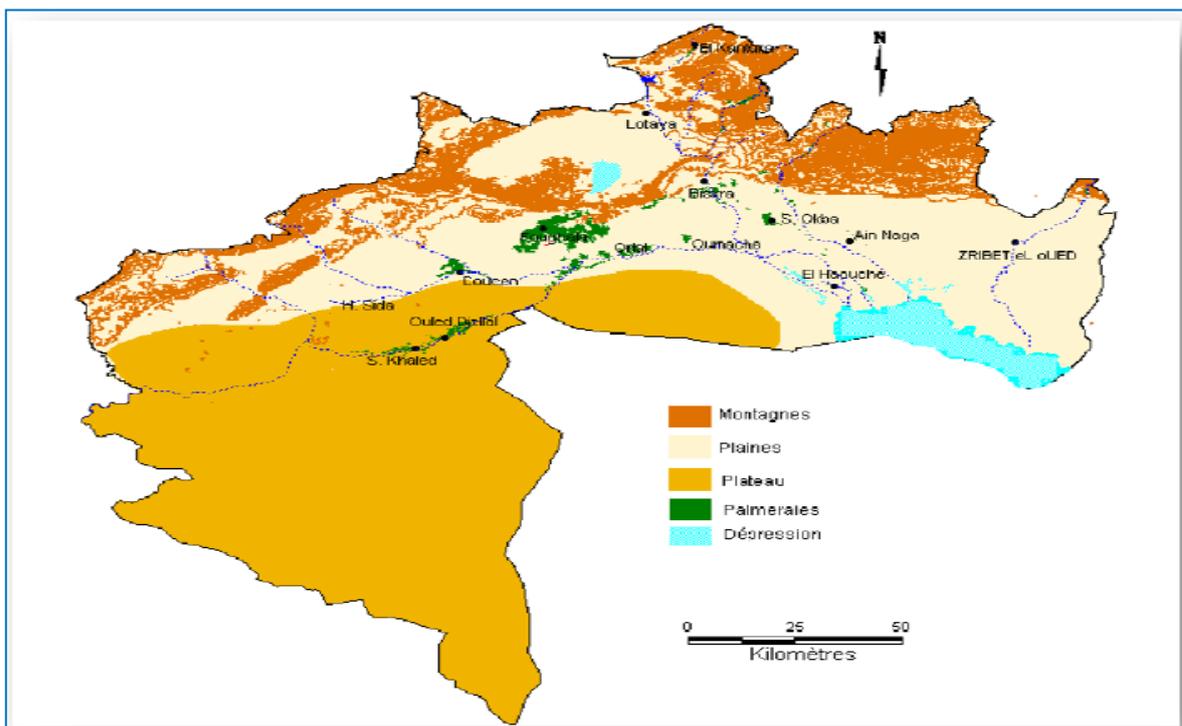
confinés sur les marges des bassins, déposées tout le long du Néogène (Chebbah, 2007 ; Farhi, 2014).

### II.3.1.2. Géomorphologie de la région d'étude

Selon Djebaili, (1970) la géomorphologie d'une zone est régie par les facteurs orotopographiques, qui sont eux-mêmes les résultats soient de la configuration du terrain (à l'échelle régionale) ou bien des accidents de reliefs (à l'échelle locale). Ces facteurs ont également pour effet de modifier les autres facteurs écologiques, tels que la température et les précipitations. La région de Biskra constitue la transition entre les domaines atlasiques plissés du Nord et les étendues plates et désertique du Sahara au Sud (Chebbah, 2007). Elle se

présente, en général, comme un piémont sans relief marqué, qui relie par une pente douce ; les chaînes atlasiques aux étendues Sahariennes du Sud (Goskov, 1964). Le relief de la région de Biskra est constitué de quatre grands ensembles géographiques (Figure 3) :

- Les montagnes : situées au Nord de la région presque dépourvues de toutes végétations naturelles (El-Kantara, Djemoura et M'Chounech) (Figure 3).
- Les plateaux : à l'Ouest, ils s'étendent du Nord au Sud englobant presque la totalité des daïrates d'Ouled Djelal, Sidi Khaled et une grande partie de Ras El Miad et Doucene.
- Les plaines : sur l'axe El-Outaya-Daoucen, se développent vers l'Est et couvrent la quasi-totalité des daïrates d'El-Outaya, Sidi Okba et Zeribet El-Oued et la commune de Daoucen.
- Les dépressions : dans la partie Sud-Est de la wilaya de Biskra, (Chott Melghigh).

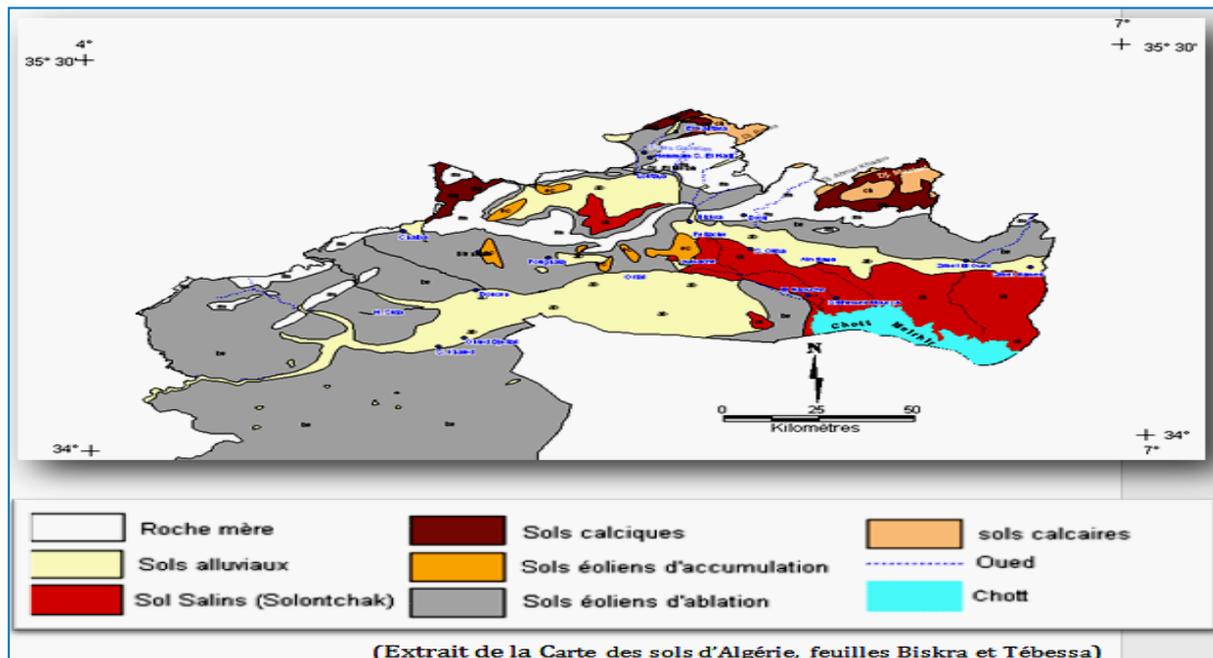


**Figure 3.** Les grands ensembles géographiques de la région de Biskra (Farhi,2014)

### II.3.1.3. Contexte pédologique des Ziban

L'étude morpho analytique des sols de la région de Biskra montre l'existence de plusieurs types de sols dont les traits pédologiques sont : la salinisation, les apports évolués, les remontées capillaires et les apports alluvionnaires et colluvionnaires (figure 4). Khachai (2001) a défini plusieurs groupes de sols répartis comme suit :

- Les régions Sud, sont surtout caractérisées par les accumulations salées, gypseuses et calcaires ;
- Les régions Est, sont définies par les sols alluvionnaires et les sols argileux fertiles ;
- Les zones du Nord (ou zone de montagne) sont le siège de la formation des sols peu-évolues et peu fertiles ;
- Enfin, la plaine située au Nord-est de Biskra où les sols argileux-sodiques irrigués par les eaux fortement minéralisées constituent le caractère de la pédogenèse de cette région.



**Figure 4.** Carte des Sols de la région de Biskra (Farhi, 2014)

## II. 3.2. Contexte Hydrogéologique des Ziban

La région de Biskra, est riche en ressources hydriques superficielles et souterraines (Figure 5).

### II.3.2.1. Hydrologie des Ziban

Toute la région de Biskra appartient au bassin versant du Chott Melghig.

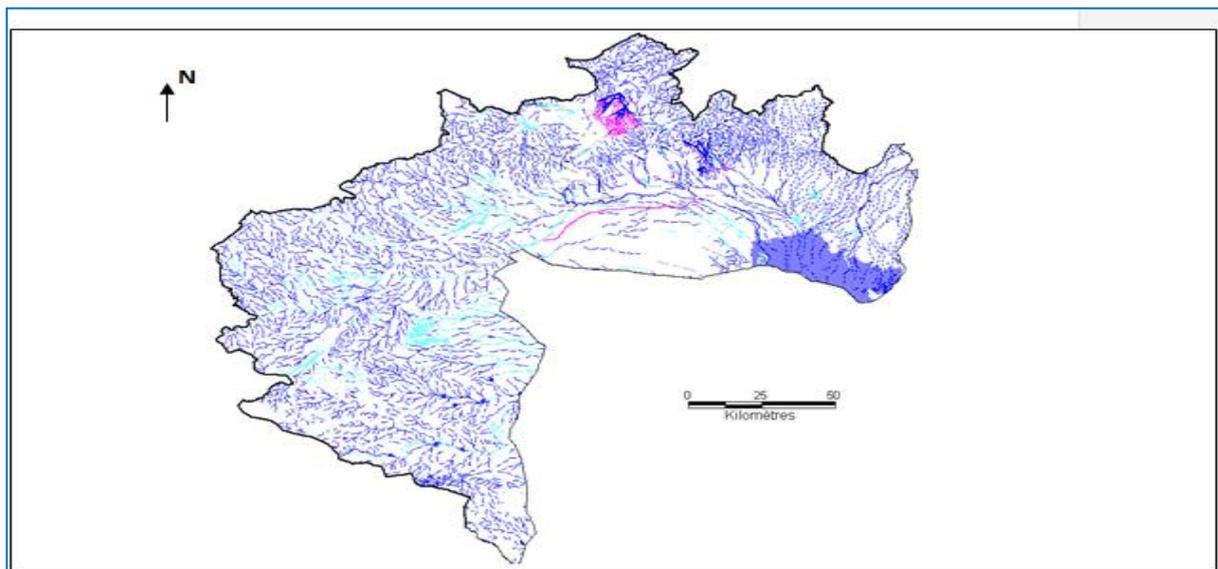
D'après Hannachi et Bekkari (1994), la région de Biskra est drainée par une série d'Oueds (Carte n°08) dont les plus importants sont :

- Oued Djedi ou oued Z'mour : qui dans sa partie amont est l'Oued M'zi (Laghouat)
- Oued Biskra : dans sa partie amont est Oued El Hai, aurait un débit annuel de 16 millions de m<sup>3</sup>. (Dubost, 2002). L'oued Biskra,

Son réseau hydrographique est constitué par un grand nombre d'affluents et sous affluents, qui collectent les eaux de ruissellement du Sud-ouest de l'Aurès, au Nord de la ville de

Biskra, qu'ils traversent avant de se déverser dans le Chott Melghir. L'oued Biskra résulte de la jonction de deux affluents : oued El Hai et oued Djemoura, qui drainent respectivement une superficie de 1788 et 906 km<sup>2</sup>, dont la confluence donne naissance à l'oued Biskra à une altitude de 200m (Chabour, 2006). L'oued El Hai prend son origine sur les flancs de l'Atlas Saharien, qui à son tour prend sa naissance du confluent des deux oueds : oued Fedhala issu de djebel Ich Ali (1815m) et l'oued Tilatou qui descend des monts de Bellezma (2091m) et coule dans la direction SE-NO. L'oued Djemoura résulte aussi de la jonction de deux oueds : oued Abdi qui prend sa source du Djebel Lazreg (1937m) et Djebel Boutlarmine (2178m), il coule vers le Sud-ouest. (Chabour, 2006).

- Oued El-Arab : sépare le massif des Aurès de celui des Nemencha.
- Oued El-Abiod : qui alimente le Barrage Foum El Khorza, le débit moyen annuel de l'Oued El Abiod est estimé à 18 millions de m<sup>3</sup>. (Dubost, 2002).



**Figure 5.** Réseau hydrographique de la wilaya de Biskra (Farhi, 2014)

### II.3.2.1.1. Ressources en eau de la ville de Biskra

La wilaya de Biskra totalise 11121 points d'eau, dont 7699 en service, 1846 à l'arrêt et 1576 abandonnés. Le volume d'eau soutiré est de (577 Hm<sup>3</sup>/an dont 508 Hm<sup>3</sup>/an destinés pour l'irrigation et 68 Hm<sup>3</sup>/an destinés pour l'alimentation en eau de consommation à partir de forage dans la nappe alluviale du champ captant d'Oued Biskra et dans la nappe des calcaires du champ captant d'El Magloub qui refoulent leurs eaux vers plusieurs réservoirs. A cela s'ajoute l'injection directe de plusieurs eaux de forage dans le réseau de distribution. La superficie irriguée dans la wilaya peut dépasser les 65.000 Ha et consomme plus de 600

millions de m<sup>3</sup> d'eau par an, provenant principalement de nappes souterraines à partir de plus de 11.000 forages et puits paysans en exploitation (Guergazi et Achour, 2005).

#### **II.3.2.1.1.1. Eaux usées à Biskra**

La ville de Biskra compte une population de 176048 habitants et se caractérise par une forte concentration avec une densité de 1485 habitant/km<sup>2</sup>. Le débit d'eau usée moyen est de 1651/ habitant/jour tous secteurs d'activités compris. Il n'existe aucune station d'épuration des eaux usées urbaines, elles sont déversées dans les oueds pour la plupart des agglomérations.

Au niveau de la ville de Biskra, il existe 02 émissaires drainant effluents vers les oueds :

- 1 émissaire, de la partie centrale de la ville les drainant vers Oued Biskra près de l'aéroport
- 1 émissaire, de la zone Ouest (à partir de Hammam Salihine) et de la zone industrielle vers Oued Z'mour. (ANAT, 2015).

#### **II.3.2.1.1.2. Caractéristiques du réseau d'assainissement**

La ville constitue un écosystème socio-économique et humain, dynamique et complexe et s'inscrit dans un milieu physique naturel, avec lequel se créent des interactions profondes. Ainsi, une ville comme Biskra qui compte 176048 habitants consomme chaque jour 2904.7920 tonnes d'eau et rejette 107.400 cm<sup>3</sup>/jour d'eaux usées. En effet, cette partie consiste à prendre connaissance des caractéristiques des réseaux d'assainissement de la ville de Biskra, à savoir le taux de raccordement, linéaire de réseaux, population raccordée, volumes d'eau usée rejetées et des lieux de rejet (ANAT, 2015).

L'analyse de la situation de l'assainissement au niveau de la ville de Biskra est représentée dans le tableau 01 et 02 :

**Tableau 1.** Représentation du réseau d'assainissement (ANAT, 2015)

Réseau	Caractéristiques
Centre-ville	Le damier est assaini par le système du collecteur ovoïde, repris en buse à proximité de l'hôtel des Ziban pour se jeter sur un terrain agricole situé à M'cide et Oued Biskra.
Zone Sud de Biskra	Est drainé par des collecteurs pour se jeter à Oued Biskra.
Zone Ouest	Cette zone était initialement doté d'un système d'assainissement séparatif eaux usées/eaux pluviales, mais depuis l'urbanisation intensive et l'extension de cette zone Ouest, une partie des eaux usées est drainée dans le dalot du système eaux pluviales. Le rejet finale s'effectue sur des terres agricoles dans la commune d'El Hadjeb (lieu d'implantation de la future décharge), située au Nord-Ouest de Sidi Ghazel à proximité de Oued Z'mour.
Zone Industrielle	Les eaux pluviales sont collectées dans les canaux ouverts. Les eaux usées sont drainées dans des conduits et le rejet s'effectue sur des terres agricoles Nord-Ouest de Sidi Ghazel.(oued Z'mour)
Zone Est et El Alia	sont dotées de collecteurs, le rejet s'effectue dans la nature alors qu'initialement ces eaux était destinées vers Oued Biskra.
Zone des parcs	Les eaux usées de cette zone s'effectuent dans la nature (prévu initialement vers Oued Biskra).
Feliache	Assainie par des collecteurs, le rejet s'effectue vers Oued Biskra.

**Tableau 2.** La situation d'assainissement de la ville de Biskra.

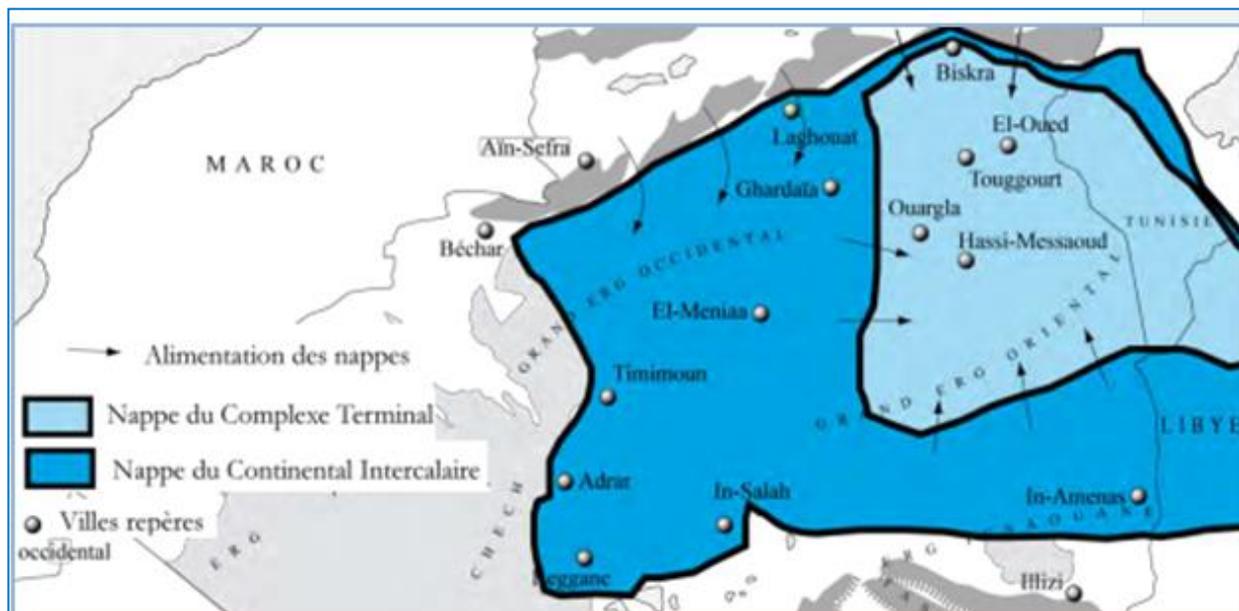
<b>Le taux de raccordement</b>	<b>90%.</b>
<b>Linéaire de réseau.</b>	<b>233 km.</b>
<b>Volumes d'eau usée rejetées.</b>	<b>260 l/j/h.</b>

### II.3.2.2. Les eaux souterraines des Ziban

La wilaya de Biskra se distingue par des ressources en eau souterraines relativement importantes par rapport aux régions du Nord, ainsi que celles du Sud du pays (ANAT, 2002) (Figure 9).

#### II.3.2.2.1. Nappe phréatique du quaternaire

La nappe du quaternaire, d'une profondeur comprise entre 20 et 150m, présente un débit entre 5 et 10 l/s et d'une qualité chimique moyenne et dans certains cas, elle peut être médiocre. Elle est connue au niveau des palmeraies de Tolga et se localise souvent sur des accumulations alluvionnaires. On classe dans cette catégorie, la nappe de l'Oued de Biskra et celle de l'Oued Djedi. Elles doivent leur alimentation normalement à partir des précipitations, d'infiltration des Oueds et des eaux d'irrigation. La plupart des eaux de cette nappe sont salées ou très salées. Elle est fortement exploitée dans les régions de Ouled Djelal, Sidi Khaled et la ville de Biskra (Khachai, 2001 ; A.N.A.T., 2002).



**Figure 6.** Ressources hydriques Saharienne (Kouzmine, 2007)

#### II.3.2.2.2. Nappe profonde

La nappe des grès du Continental Intercalaire ou nappe albienne est un réservoir très important, constitué essentiellement de grès et de marne d'âge Albien et Barrémien. Elle est caractérisée par une profondeur oscillant entre 1600 et 2500 m et d'un débit moyen de 80 l/s jaillissant. La qualité de l'eau est généralement bonne et ne dépasse pas les 2 g/l de Résidu

sec. La température de l'eau peut dépasser les 60°C. Son exploitation est très coûteuse en raison de sa profondeur (ANAT, 2002 ; Rouahna, 2007).

### II.3.2.2.3. Nappe des calcaires

Cette nappe est constituée essentiellement de calcaire fissuré d'âge Eocène et Sénonien :

### II.3.2.2.4. Nappe des sables

On peut distinguer deux types de nappes : Nappes des sables du Pontien et les Nappes des sables du Mio-pliocène (Khachai, 2001).

## II.3.3. Eléments de Climatologie générale des Ziban

La zone de Biskra est considérée comme une zone à climat semi-aride avec des hivers doux à semi-rigoureux et des étés chauds et secs (ANAT., 2015). Le climat est l'ensemble des actions de l'atmosphère, pour définir le climat de la région d'étude nous avons exploités les données climatiques de la station météorologique de Biskra portées sur une période (2013/2014).

### II.3.3.1. Température

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2002). Du fait de la pureté de leur atmosphère et souvent aussi de leur position continentale, les déserts présentent de forts maximums de température et de grands écarts thermiques. La température est un facteur favorable lorsqu'il y a suffisamment d'eau, et de fait les mares, les suintements ou les oueds représentent un milieu biologique très riche. Mais en milieu sec, la température devient un facteur aggravant car, elle augmente la vitesse de l'évapotranspiration.

**Tableau 3.** Températures moyennes mensuelles (en °C) de la région de Biskra durant la période 2000-2014 (Station Météorologique Biskra, 2015).

Mois Périodes	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
2000-2013	12.25	14.3	17.05	21.95	26.6	27.35	<b>34.65</b>	34.45	29.85	24.6	17.2	12.5	<b>22.7</b>
2014	12.95	15	16.3	22.65	26.5	30.15	<b>34.2</b>	30.7	31.1	25.55	18.7	13.15	<b>23.1</b>

Le Tableau n° 03 montre que la température moyenne durant 2000-2013 de la région de Biskra est de l'ordre de 22,7 C°. La température maximale moyenne la plus élevée est enregistrée durant le mois de juillet (34,65 C°), et la température minimale moyenne la plus basse est notée durant le mois de janvier (12,25C°).

Concernant les températures moyennes enregistrées durant la période 2014, il est remarqué que le mois de Juillet est le mois le plus chaud (34,2 C°), tandis que janvier est le plus froid (12,95C°).

### II.3.3.2. Précipitations

Elle constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques tels que les mares et les lacs temporaires, et les lagunes saumâtres soumises à des périodes d'assèchement (Ramade, 2002).

**Tableau 4.** Les précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région de Biskra durant la période 2000-2014.

Mois Périodes	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc	Cumul
2000-2013	20.6	13.7	25	23.2	32.2	12.9	<b>10</b>	11.8	28.6	45.8	21.1	23.5	<b>291.8</b>
2014	8.2	3.2	16	0	2.1	4	<b>0</b>	0	7.6	0.8	2.7	0.7	<b>45.3</b>

On observe une valeur nulle 0 mm en Juillet durant l'année 2014 et un maximum de 8.2 mm en janvier, ainsi qu'un cumule de 45.5 mm qui nous confirme l'appartenance de Biskra à l'étage bioclimatique aride ou les précipitations sont inférieure à 100mm

### II.3.3.3. Humidité relative

Selon Ramande (2002), c'est le rapport entre la teneur en vapeur d'eau de l'air et la masse théorique de vapeur d'eau que peut renfermer l'atmosphère à saturation compte tenu de la température et de la pression barométrique existante.

**Tableau 5.** Humidité relative de l'air exprimée en pourcentages (%) durant 2000-2014 dans la région de Biskra (station Météorologique Biskra, 2015)

Mois Périodes	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
2000-2013	56.9	47.2	44.4	40.6	37.9	31.1	26.4	30	39	47.7	54.6	58.7	<b>43.6</b>
2014	59	49	48	36	34	29	27	30	38	37	51	60	<b>41.5</b>

La région de Biskra est caractérisée par une faible humidité de l'air, dont la moyenne annuelle était de 43,6% durant la période 2000-2013 et de 41,5% en 2014. Les taux les plus élevés sont notés durant les mois de janvier, novembre, et décembre durant l'année 2014. Les mois les plus secs sont juin et juillet avec un taux de 29% et 27% respectivement.

### II.3.3.4. Vents

Il constitue en certains biotopes un facteur écologique limitant et intervient des fois par sa violence, par les particules qu'il transporte et qui peuvent déchirer les parties aériennes des plantes, et par les remaniements qu'il provoque dans le sol. Cependant son action peut être quelquefois favorable, par exemple lorsqu'il provoque un important dépôt de sable sur des sols salés qui étaient stériles, ou bien lorsqu'il contribue à la dispersion des végétaux et de leurs semences.

**Tableau 6.** Les vitesses mensuelles moyennes du vent (m/s) durant la période 2000-2014 dans la région de Biskra

Mois Périodes	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
2000-2013	3.4	4.6	4.2	5.2	4.6	3.8	3.7	3.4	3.5	3.1	3.7	3.7	<b>3.9</b>
2014	2.6	3.6	2.4	4	4.1	4.3	3.9	3.1	3.1	2.9	3.5	3.8	<b>3.4</b>

D'après le Tableau ci-dessus nous constatons que la vitesse maximale est enregistrée pendant le mois d'avril (5,2 m/s) durant la période 2000-2013 et (4,1m/s) pendant le mois de Mai durant l'année de campagne en 2014

### II.3.3.5. Synthèses climatiques

Nous nous sommes basés pour cette synthèse sur le diagramme Ombrothermique et le climagramme d'EMBERGER.

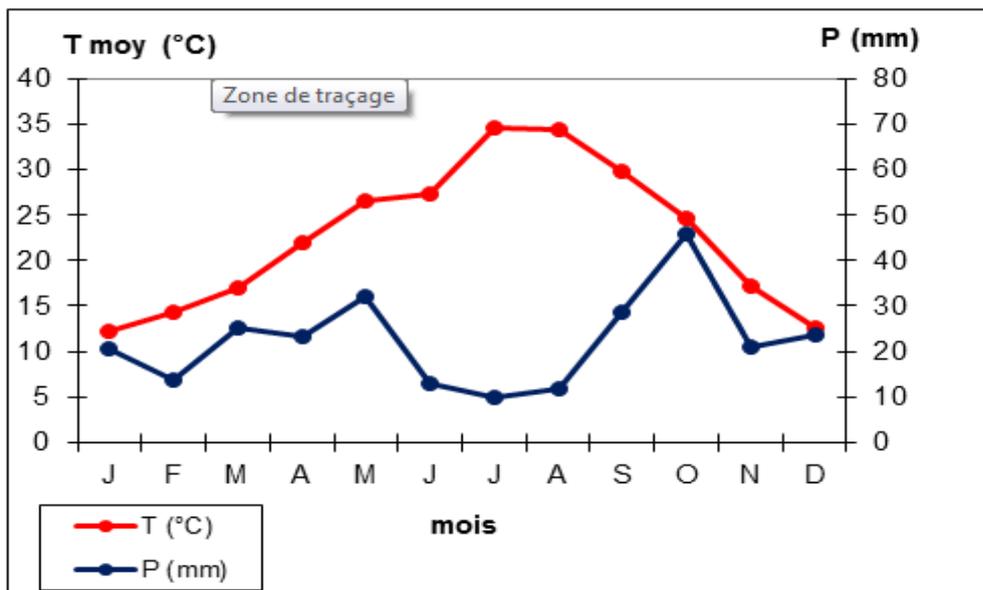
#### II.3.3.5.1. Diagramme Ombrothermique

De nombreux auteurs ont proposé, diverses formules pour caractériser la saison sèche, qui joue un rôle capital dans la distribution de la végétation, notamment par sa durée et son intensité. Selon Bagnouls et Gaussen (1953), un mois est dit biologiquement sec si, "le total mensuel des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne, exprimée en degrés centigrades" ; cette formule ( $P$  inférieur ou égal  $2T$ )

Permet de construire des « diagrammes ombrothermiques » traduisant la durée de la saison sèche d'après les intersections des deux courbes (Dajoz, 1971 ; Mutin, 1977).

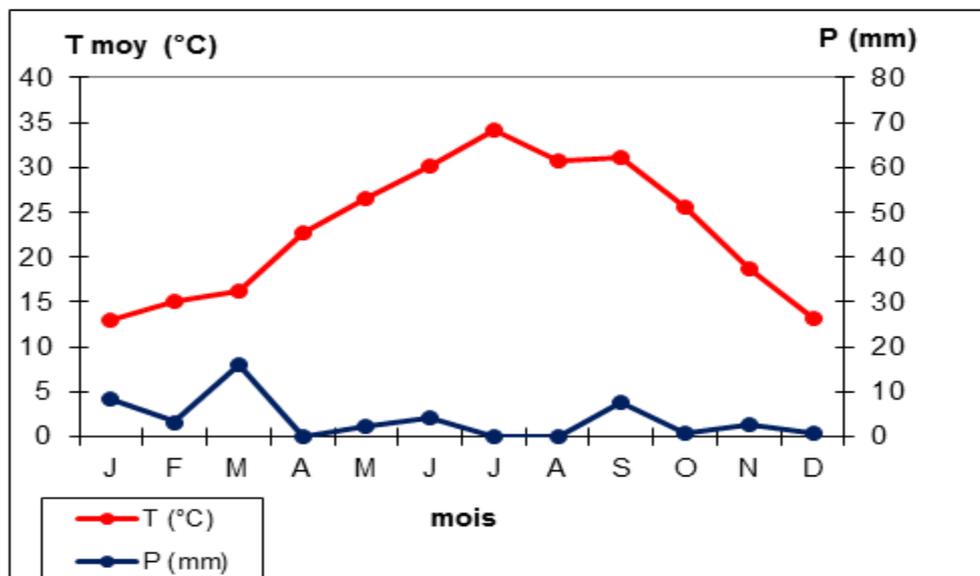
Ces diagrammes Ombrothermique ont été réalisés avec les données climatiques relevées durant de la période 2000/2013.

Pour notre région d'étude, les diagrammes ainsi élaborés montrent que, pendant les années 2000 jusqu'à 2013, la période sèche s'étale le long de l'année (Figure 7).



**Figure 7.** Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Biskra durant la période (2000/2013).

Si on prend en considération l'année expérimentale (Figure 8) on note que la longueur de la saison sèche reste globalement très longue est conforme à la moyenne car la saison sèche s'étend durant toute l'année



**Figure 8.** Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Biskra 2014

### II.3.3.5.2. Climagramme d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'Emberger "Q<sub>2</sub>" spécifique au climat méditerranéen permet de situer l'étage bioclimatique de la zone d'étude. Ce quotient tient compte de pluviométrie annuelle et des températures moyennes minima du mois le plus froid et des températures moyennes des maxima du mois le plus chaud qui représentent selon DJEBAILI (1984) les deux extrêmes thermiques entre lesquels se déroulent la vie végétale. Emberger (1955) a considéré que le Quotient pluviométrique Q<sub>2</sub> était insuffisant pour faire ressortir à lui seul l'action des températures. De ce fait, il propose de combiner le Q<sub>2</sub> et m sur un climagramme tels que les abscisses représentent les valeurs de m et les ordonnées celles de Q<sub>2</sub>.

Les limites représentées sur le climagramme séparant Les différentes zones, c'est-à-dire là où un changement net de la végétation a été observé.

Pour définir les divers types de bioclimats de la région méditerranéenne, Emberger (1933 – 1955) propose la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{100 P}{(m + M)/2(M - m)}$$

**Q<sub>2</sub>** : Quotient pluviométrique.

**P** : Pluviosité moyenne annuelle (mm).

**M** : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C)

**m** : moyenne des minima du mois le plus froid (°C).

**Mm/2** : Température moyenne (°C)

**M-m** : Amplitude thermique (°C).

Pour l'Algérie, Stewart, (1969), en simplifiant la formule d'EMBERGER obtient :

$$Q_2 = \frac{3,43 P}{M - m}$$

**P** : pluviométrie moyenne annuelle (en mm).

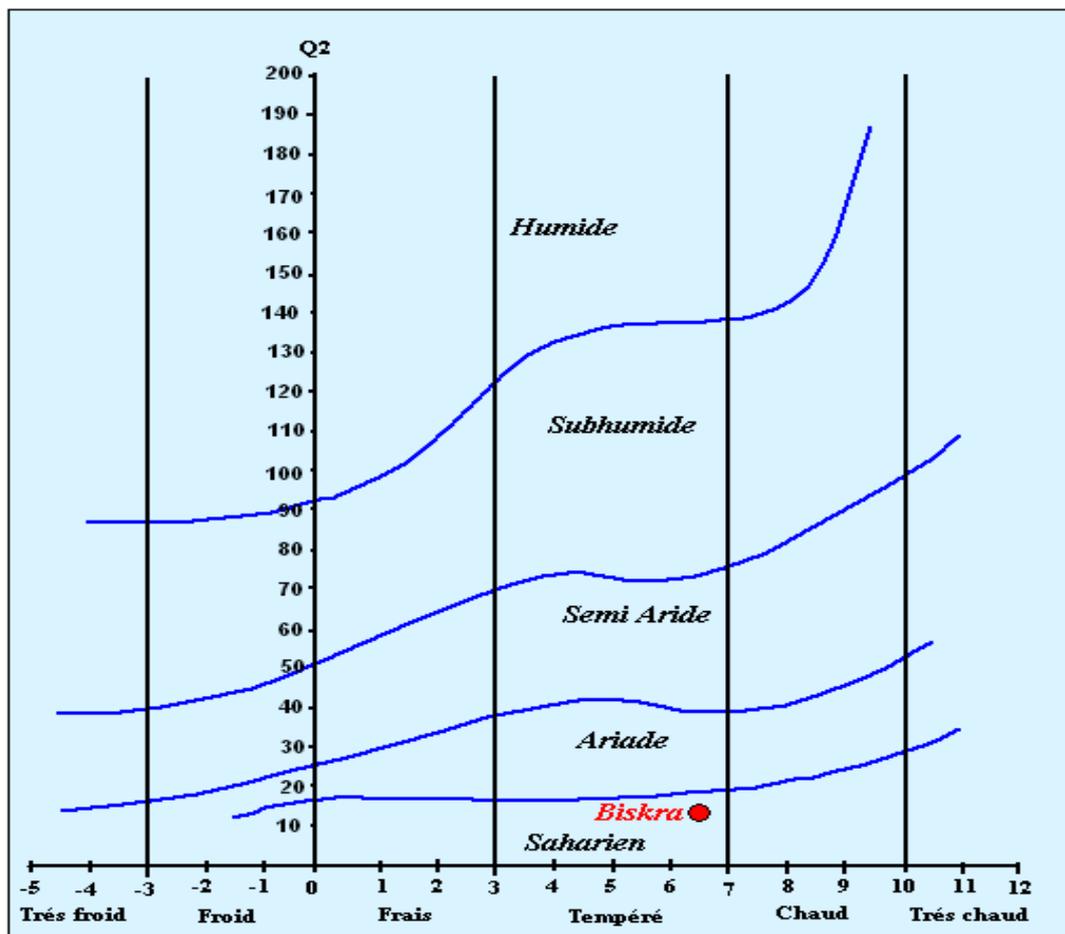
**(M-m)** : Amplitude thermique (M et m sont exprimées en degrés Celsius).

L'indice Q<sub>2</sub> calculé par cette formule est égal à 13,38.

Le climagramme considère qu'une région est d'autant plus sèche lorsque le quotient est plus Petit. L'emplacement de cet indice sur le climagramme d'EMBERGER, nous a permis de situer Biskra dans l'étage bioclimatique Saharien à hivers doux (Tableau 7 ; Figure 9).

**Tableau 7.** Quotient pluviométrique et étage bioclimatique de la région de Biskra

Station	Q <sub>2</sub>	m	Bioclimat	Variante
Biskra	13,38	7	Saharienne	Hiver doux



— Limite des étages bioclimatiques

**Figure 9.** Localisation de la région de Biskra sur le climagramme d'EMBERGER

## II.4. Cadre sociologique de la ville de Biskra

### II.4.1. Population

La ville de Biskra a connu une croissance démographique très importante après l'indépendance, ce qui influe sur la consommation de son espace d'une manière incontrôlée et difficilement maîtrisable.

Les données statistiques exhaustives du recensement de la population en 2015 de la wilaya de Biskra durant la période d'étude sont :

- La croissance annuelle est de 2.05%
- La densité populaire est de 34 hab/km<sup>2</sup> ;

- Le nombre total de la population atteint 775 797 habitants (ANAT, 2015).

#### II.4.2. Cadre bâti

La typologie de la commune de Biskra varie du moderne au traditionnel au semi rural et au bidonville, ce qui a engendré un amalgame de constructions, à styles différents. Pour l'actualisation de certains documents l'ANAT. (2015) a établie des planches de l'état des constructions par catégorie, ils sont présentés dans le (Tableau 8).

**Tableau 8.** La typologie de la ville de Biskra. (Catégories Zones) (ANAT, 2015)

Catégories	Zones
Catégories de Construction en bon état	Zone Est Cité Essaada, Hay El Fadjer, Les 17 coopératives, cité de l'Université, habitats dans la zone des parcs.
	Zone d'équipements (Nord) Toutes les constructions existantes.
	Autres quartiers (Centre de la ville) Hai El Moudjahidine, Hai El Istikbal, Hay Boukhari, Lotissements Sayhi 1 et 2, Hay Eddali, presque la totalité est en bon état. Cité El Oukhoua, Hay El Badr, Hai EL Ferdous, M'cid, Bab El-Darb, Medjiniche, Gueddacha, Sidi Barkat, Sidi Guezal, Environs la moitié est bon état. Frotture, en bon état. Feliache, quelques constructions en bon état.
Catégories de construction en moyen à possible état	Zone (Ouest) La cité militaire, dans sa totalité Hai Ennas, Damier colonial, rivière Nord et rivière sud, cité Essalam, cité Essalam, cité Elfardous, Star Moulk, Hay El Houria, Sidi Ghezal, moins de la moitié. Cité Edalia, cité El Oukhoua, M'cid, Bab El Darb, Medjeniche, Gueddacha, Sidi Barkat environs le tiers. Feliache, dans sa presque totalité.

**PARTIE**  
**EXPERIMENTALE**

**CHAPITRE III :**  
**CARACTERISATION PHYSICO-  
CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES  
DES EAUX USEES DE LA VILLE DE  
BISKRA**

### III.1. Introduction

Les rejets des eaux usées urbaines ajoutés à ceux des industries qui se déversent directement et sans traitement préalable dans le milieu naturel génèrent une pollution de type physico-chimique et bactériologique de plus en plus importante. De ce fait, les risques de contamination des sources souterraines (nappes) sont fortement probables (Hamed et *al.*, 2018. Mihi et *al.*, 2019). Nous assistons dans notre cas à un fléau où les eaux usées sont rejetées dans la nature avec leur charge polluante d'origine urbaine ou industrielle (Belabed et *al.*, 2017 ; Ouali et *al.*, 2018) L'absence de station d'épuration des eaux usées dans cette région désertique augmente de plus en plus le problème de la pollution par les eaux usées rejetées. En effet, la croissance démographique en milieu urbain et le développement industriel entraînent une augmentation importante des volumes de rejets et des flux de matières organiques polluantes qu'ils génèrent (Colin et *al.*, 2016). Avant d'apprécier l'impact des rejets d'eaux usées sur les milieux récepteur (Oued Biskra et Oued Z'mour), il est intéressant de présenter les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées de la ville Biskra. L'utilisation des paramètres de caractérisation physico-chimique des eaux usées urbaines constitue un bon moyen pour donner une image de la qualité de ces rejets urbains et de leurs impacts sur le milieu récepteur (Steele et Odumeru, 2004).

Ce travail a pour objectif l'évaluation de la charge polluante des eaux usées brutes la ville de Biskra (Oued Biskra et Oued Z'mour)

### III.2. Matériel et méthodes

Dans ce chapitre sera traité les aspects liés à la méthodologie appliquée pour la réalisation de cette étude Sont traitées dans un premier temps la présentation du milieu (choix des sites d'échantillonnages), suivie de la méthodologie et en fin la méthode d'exploitation des résultats.

#### III.2.1. Cadre d'étude

L'étude a été menée au niveau de la ville de Biskra sur les deux principaux sites de rejets des eaux usées qui sont : **Oued Biskra** et **Oued Z'mour** Sachant que ces eaux sont utilisées pour l'irrigation non autorisée.

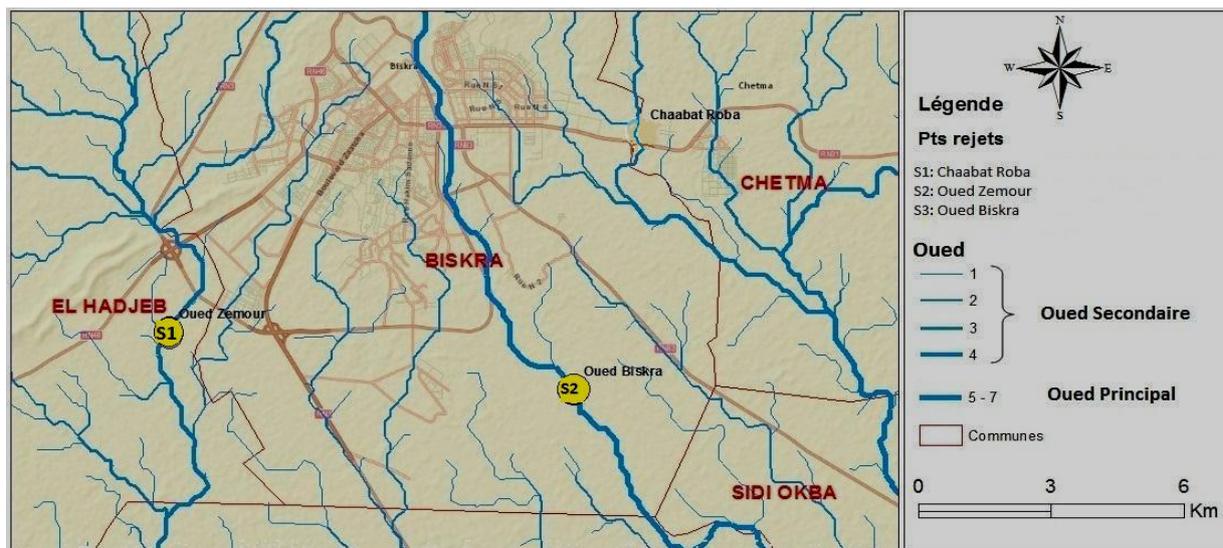


Figure 1 : Carte de localisation des rejets des sites d'étude (Benameur, 2018)

### III.2.1.1. Site I : Oued Biskra

Oued Biskra prend sa source au point de confluence d'Oued EL HAI et Djamoura. Il est alimenté à l'amont par plusieurs oueds, entre autres, nous avons :

- Oued Branis.
- Oued Lefrahi.
- Oued El Besbas.
- Oued Lakhdar.

C'est le plus important rejet, caractérisé par des conduites d'un diamètre de  $\Phi=1500\text{mm}$  et une pente de  $I=2.5\%$ . Il Collecte les rejets de la zone Nord et le Centre de la ville ( $34^{\circ} 49' 9.43'' \text{ N.}, 5^{\circ} 44' 59.60'' \text{ E}$ ).



Figure 2 : Les rejets du site(I) Oued Biskra.

### III.2.1.2. Site II : Oued Z'mour

Situé à l'Ouest de la ville de Biskra (34°50'53.2"N 5°45'53.9"E). Il traverse les monticules et EL Corab au niveau du passage dit foug Maouia. Il est alimenté au cours de son trajet par les affluents suivants :

- Oued Hammam.
- Oued Hassi mebrouk.
- Oued El Tera.
- Oued Leham.

Il est caractérisé par des conduites d'un diamètre  $\Phi=1500$  mm et une pente de  $I=1.5\%$ . Il collecte les rejets du secteur Ouest de la ville (zone industrielle- centre de formation – 726 logts- de l'Ex souk El Felleh, etc).



**Figure 3** : Les rejets de site (II) Oued Z'mour

### III.2.2. Echantillonnage des eaux usées de la ville de Biskra

L'échantillonnage des eaux usées de la ville de Biskra a été effectué mensuellement du mois de janvier à juin en 2015 au niveau des deux sites de rejet (Oued Biskra et Oued Z'mour) pour l'étude physico-chimique et bactériologique. Des échantillons de deux litres chacun ont été prélevés et conservés par l'ajout de Formol 10% (2 ml par litre) dans des flacons en verre coloré, stériles afin d'éviter l'infiltration de la lumière, puis conservés dans une glacière à une température de 4°C conformément au guide général pour la conservation et

la manipulation des échantillons marqué par Derradji, (2014), puis transportés au Laboratoire de Biologie de l'Université Mohamed Khider, Biskra-Algérie.



**Figure 4 :** Prélèvement de site I (oued Biskra)



**Figure 5:** Prélèvement de site II (Oued Z'mour)



**Figure 6 :** Conservation des échantillons

### III.2.3. Méthodes d'analyses des eaux usées de la ville de Biskra

Nous avons utilisé différentes méthodes pour évaluer le degré de pollution des eaux usées à travers les analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées de la ville de Biskra.

### III.2.3.1. Matériel et méthodes d'analyses physico-chimiques

Les analyses ont porté sur les principaux paramètres susceptibles de caractériser les eaux usées en utilisant des procédures standard d'analyse de l'eau (Rodier et *al.*, 2016 ; Bouaroudj et *al.*, 2019). Des échantillons d'eau ont subi les mesures suivantes : température (T), Potentiel hydrogène (pH), conductivité électrique (CE), turbidité, matière solide en suspension (MES), oxygène dissous (OD), demande biochimique en oxygène en sur 5 jours (DBO<sub>5</sub>), la demande chimique en oxygène (DCO) et les concentrations de nitrite (NO<sub>2</sub>), nitrate (NO<sub>3</sub>) et azote ammoniacal (NH<sub>3</sub>-N). Procédures analytiques de ces paramètres physico-chimiques sont résumées dans le tableau 01. (Le mode opératoire pour la DBO<sub>5</sub> et la DCO détaillé est donné en annexe 8)

**Tableau 7.** Mesure des paramètres physico-chimiques.

Paramètre d'analyse	Description de la méthode	Références
Azote ammoniacal NH <sub>4</sub>	Spectrométrie manuelle $\lambda=425$ n m	ISO 7150\1984
Nitrates NO <sub>3</sub>	Spectrométrie d'absorption moléculaire $\lambda=640$ nm	ISO 6777\1984
Nitrites NO <sub>2</sub>	Spectrométrie au $\lambda=420$ nm	ISO 7890\1986
Ortho phosphate	Spectrométrie à $\lambda=430$ nm	ISO 6378\1983
Matière en suspension	Spectrométrie à $\lambda=810$ nm	NA 6345
Demande biochimique en Oxygène DBO <sub>5</sub>	Dilution et ensemencement	ISO 5815\1989
Demande chimique en Oxygène DCO	Oxydation par excès de KMNO <sub>4</sub> en milieu sulfurique à ébullition	ISO 6060\1984
Oxygène dissous O <sub>2</sub>	Spectrométrie à $\lambda=535$ nm	NA 1654 ISO 5814\1994
Turbidité	Spectrométrie à $\lambda=450$ nm	ISO 7027\1994 NA 746
Température	Électrode V10	CONSORT 535
pH	Electrode storage bottle KK2 <sub>SP</sub> 10 B	CONSORT 535

### **III.2.3.2. Matériel et Méthodes d'analyses bactériologiques des eaux usées de la ville de Biskra**

Les analyses bactériologiques des différents échantillons des eaux usées brutes des deux sites ont consisté en un dénombrement des germes indicateurs de la contamination fécale. La détection des coliformes totaux (CT), des coliformes fécaux (CF), des streptocoques fécaux (SF) et des *Clostridium sulfito-réductrices* (CSR), a été réalisée à l'aide de méthodes microbiologiques standard (Rodier et *al.*, 2016) sont résumées dans le tableau 16.

Le dénombrement des coliformes totaux (CT), des coliformes fécaux (CF) et des streptocoques fécaux ont été déterminés par la méthode du nombre le plus probable (NPP). Cette méthode consiste à ensemercer, à l'aide de dilutions décimales appropriées de l'échantillon à analyser, une série de tubes contenant le milieu nutritif destiné pour la détection et le dénombrement pour chacune de ces flores (Bartram et Ballance, 1996). Après incubation à 37° C pendant 24 h, les tubes montrant un trouble sont considérés comme positifs.

La contamination fécale a été évaluée en comptant CF et SF. Les CF ont été déterminées et dénombrées après culture sur bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL) D/C muni d'une cloche de Durham.

La détection de SF a été réalisée sur milieu de Rothe à 37° C pendant 24 h (test présomptif). A partir des tubes Rothe positifs, une sous-culture a ensuite été réalisée sur milieu de Litsky à 37° C pendant 24 h (test de confirmation).

Les espèces CSR ont été détectées sur un milieu gélosé contenant de la viande, du foie et des additifs minéraux (sulfate de fer (III) d'ammonium dodécahydraté et sulfate de fer) (Potelon et Zysman, 1998). Après 24 à 48h d'incubation, ces bactéries donnent des colonies typiques et réduisent le sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) du milieu en sulfure qui réagit avec  $\text{Fe}^{++}$  et donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire (Lebres et Mouffok, 2008). Le mode opératoire détaillé est donné en (Annexe 9).

**Tableau 2.** Méthodes utilisées pour les mesures de paramétré bactériologiques

<b>Paramètres Analytiques</b>	<b>Description de la méthode</b>	<b>Références</b>
<p><i>Coliformes Fécaux</i></p> <p><i>E. coli</i></p>	<p><b><u>Milieu présomptif</u></b> Bouillons lactose au pourpre de Bromocresol double concentration avec cloche de Durham Incubation a 37<sup>0</sup> Pendant <u>24 h.</u></p> <p><b><u>Milieu confirmatif</u></b> Test de Mackenzie Shubert Eau peptonee exempte d'indole Incubation a 40<sup>0</sup> C</p>	Rodier, 1978
<p><i>Streptocoques Fécaux</i></p>	<p><b><u>Milieu présomptif</u></b> Rothe (D /C) Rothe (S/ C)</p>	Rodier, 1978
<p><i>Clostridium sulfito-Réductrice</i></p>	<p>Milieu viande-Foie Additifs ;Sufite de Sodium citrates de fer ammoniacal</p>	Rodier, 1978

### III.3.Résultats :

Cette partie est consacrée à exposé des résultats obtenus du traitement des données sur les paramètres physico-chimiques, bactériologiques.

#### III.3.1. L'évolution temporelle des paramètres physicochimiques des eaux usée des deux sites de rejets (Oued Biskra site (I) et Oued Z`mour site (II))

Les valeurs des paramètres physico-chimiques obtenues à partir des deux sites de rejets de la ville de Biskra site (I) Oued Biskra et site (II) Oued Z`mour sont reprises dans le tableau 3 et les figures (1) à (7)

**Tableau 3.** La variation des paramètres physicochimiques de deux sites (site(I)Oued Biskra et site (II) Oued Z' mour).

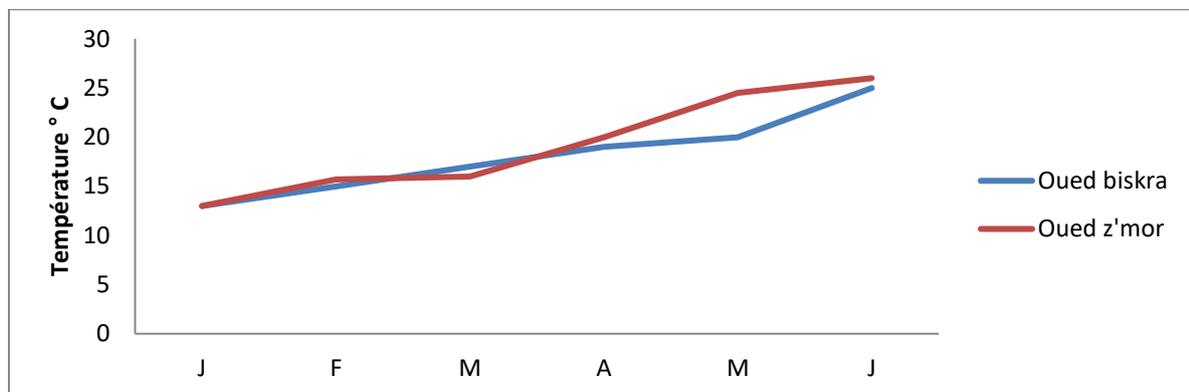
<b>(Site I)Oued Biskra</b>								
<b>Mois</b> <b>paramètres</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jui</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart type</b>
<b>pH</b>	8,01	7,5	7,8	7,5	8,2	7,7	<b>7,79</b>	0,28
<b>T (C°)</b>	13	15	17	19	20	25	<b>18,17</b>	4,22
<b>Conductivite (µS/ml)</b>	2900	2800	3160	2990	1200	5400	<b>3075,00</b>	1344,76
<b>Turbidité (FTU)</b>	180	125	118	167	140	170	<b>150,00</b>	25,84
<b>Orthophosphate (mg/l)</b>	10,5	13,5	16,6	24	26	29	<b>19,93</b>	7,44
<b>Oxygène dissous (mg/l)</b>	1,85	2,5	3,2	4,5	2,4	4,7	<b>3,18</b>	1,19
<b>MES (mg/l)</b>	0,6	0,7	1,04	1,6	1	1,2	<b>1,02</b>	0,36
<b>DBO5 (mg/l)</b>	112	125	130	150	220	260	<b>166,17</b>	59,83
<b>DCO(mg/l)</b>	70	85	120	125	169	240	<b>134,83</b>	62,02
<b>NO<sub>2</sub> (mg/l)</b>	1,05	1,5	0,1	3,8	1,5	1,6	<b>1,59</b>	1,22
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	3,8	2,3	4,4	6,5	5,2	7	<b>4,87</b>	1,75
<b>NH<sub>4</sub> (mg/l)</b>	10	13,2	14,6	16,4	18	22,05	<b>15,71</b>	4,15
<b>(site II) Oued Z' mour</b>								
<b>Mois</b> <b>Paramètres</b>	<b>Jan</b>	<b>fév</b>	<b>Mars</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart type</b>
<b>pH</b>	7,5	7,01	7,8	7,6	8	7,9	7,57	0,401
<b>T (C°)</b>	13	15,7	16	20	24,5	26	19,20	5,213
<b>Conductivite (µS/ml)</b>	2900	2700	4400	2570	1400	7700	3611,67	2220,364
<b>Turbidité (FTU)</b>	170	138	101	87	90	160	124,33	36,500
<b>Orthophosphate (mg/l)</b>	3	1,7	7,8	10,2	21	27	11,78	10,136
<b>Oxygène dissous (mg/l)</b>	2,5	1,85	3	3,4	3,5	5,3	3,26	1,172
<b>MES (mg/l)</b>	0,42	0,7	1,7	1,8	2,1	2,7	1,57	0,861
<b>DBO5 (mg/l)</b>	60	65	90	145	160	250	128,33	72,434
<b>DCO(mg/l)</b>	80	90	105	160	180	270	147,50	71,955
<b>NO<sub>2</sub> (mg/l)</b>	0,95	1,95	2	2,8	3,6	3,8	2,52	1,090
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	5,01	4,05	7	11,12	13	15	9,20	4,487
<b>NH<sub>4</sub> (mg/l)</b>	13	15,08	18,6	17,75	19	22	17,57	3,157

Nous allons mettre en évidence l'évolution temporelle des différents paramètres physico-chimiques des eaux usées analysées.

### III.3.1.1. Température :

La Figure (7) met en évidence l'évolution temporelle de la température dans les deux sites de rejets. Les valeurs moyennes de la température des eaux usées des deux sites de prélèvement sont généralement comprises entre 13 à 25 °C ( $18,17 \pm 4,22$ C) pour le site 1 et 13

à 26°C ( $19,20 \pm 5,21$  °C) pour le site 2. Ces résultats montrent un écart entre les valeurs minimales et maximales enregistrées. Ceci pourrait être lié aux variations saisonnières importantes avec des eaux chaudes en période chaude et froide en période froide.

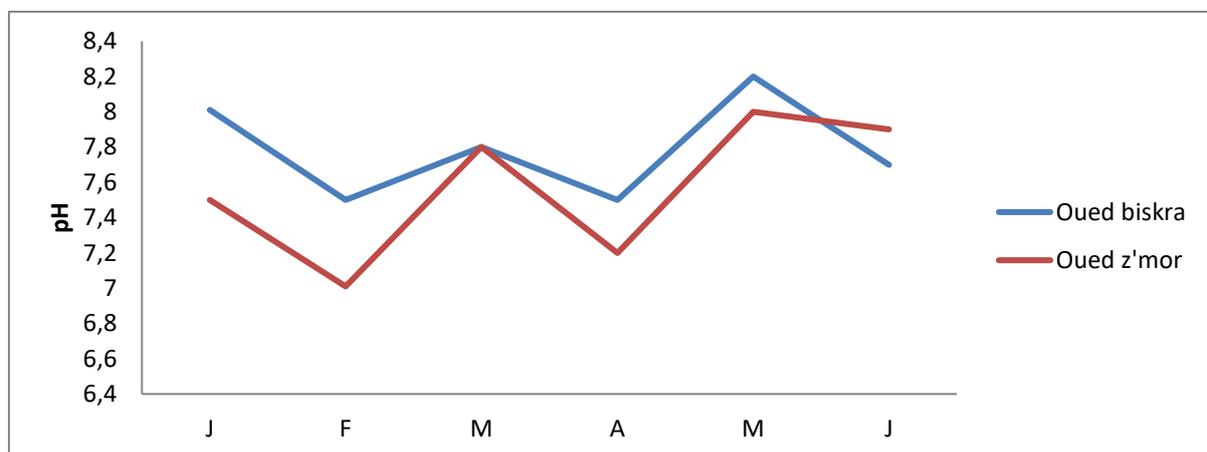


**Figure 7 :** Variation Temporelle de la température durant la période d'étude

### III.3.1.2. Potentiel hydrogène pH :

La Figure (8) représente l'évolution temporelle du pH dans les deux sites de rejets. Les valeurs du pH des eaux usées évacuées par ces rejets varient de 7.5 à 8.2 ( $7,79 \pm 0,28$ ) pour le site 1 et 7.1 à 8 ( $7,57 \pm 0,40$ ), pour le site 2. Elles sont donc relativement neutres.

Cependant, la légère réduction de pH a été observée dans les deux sites au mois de février, ce qui peut être expliqué par la dilution de l'eau.



**Figure 8 :** Variation Temporelle du pH durant la période d'étude

### III.3.1.3. Conductivité électrique

La Figure (9) illustre l'évolution temporelle de la conductivité électrique dans les Deux sites de rejets. Les valeurs enregistrées fluctuent entre 1200 et 5400  $\mu\text{S/cm}$  avec une moyenne de ( $3075,00 \pm 1344,76$   $\mu\text{S/cm}$ ) pour le site 1 et entre 1400 et 7700  $\mu\text{S/cm}$  avec une moyenne de ( $3611,67 \pm 2220,364$   $\mu\text{S/cm}$ ) pour le site 2 ; Les valeurs de la conductivité électrique obtenues

mettent en évidence une minéralisation importante dans les deux sites des eaux usées de la ville de Biskra.

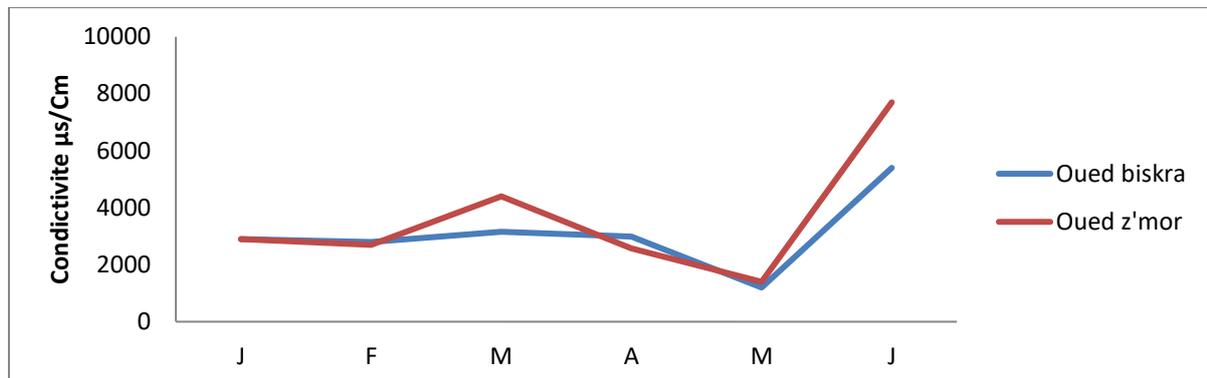


Figure 9 : Variation temporelle de la conductivité durant la période d'étude

#### III.3.1.4. Turbidité

La Figure (10) illustre l'évolution temporelle de la Turbidité dans les deux sites de rejets. Les valeurs enregistrées fluctuent entre 118 et 180 NTU avec une moyenne de  $(150.00 \pm 25.84 \text{ NTU})$  pour le site 1 et entre 87 et 170 NTU avec une moyenne de  $(124.33 \pm 36.50 \text{ NTU})$  pour le site 2. Ces valeurs sont semblables et nettement supérieures aux normes algériennes pour les eaux usées (5 NTU).

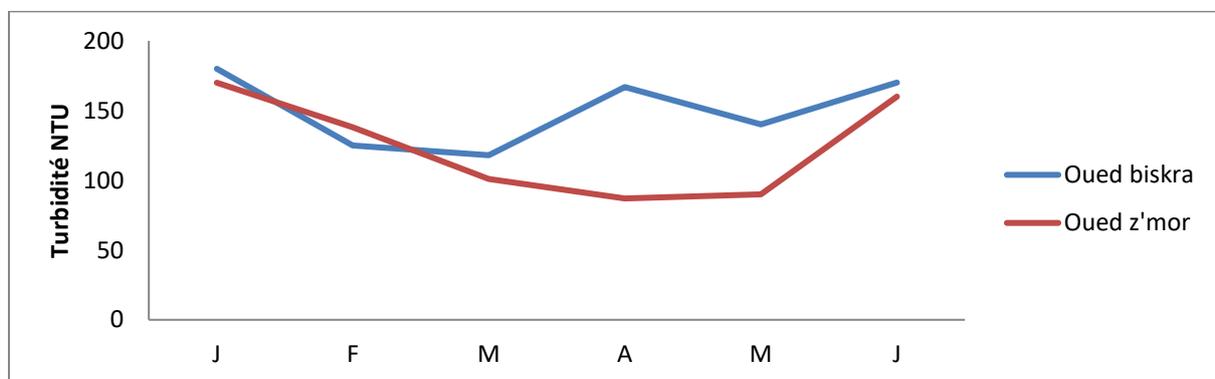


Figure 10 : Variation temporelle de la turbidité durant la période d'étude

#### III.3.1.5. Matière en suspension

La Figure (11) met en évidence l'évolution temporelle de MES dans les deux sites de rejets. L'analyse des résultats de MES montre que les eaux usées étudiées dans les deux sites sont caractérisées par des concentrations oscillent entre 0.6 et 1.6 mg/l  $(1.02 \pm 0.36 \text{ mg/l})$  pour le site 1 et entre 0.42 et 2.7 mg/l  $(1.57 \pm 0.86 \text{ mg/l})$  pour le site 2. Ce paramètre présente une évolution saisonnière très marquée par la réduction des valeurs en période hivernale et leurs augmentations en période estivale.

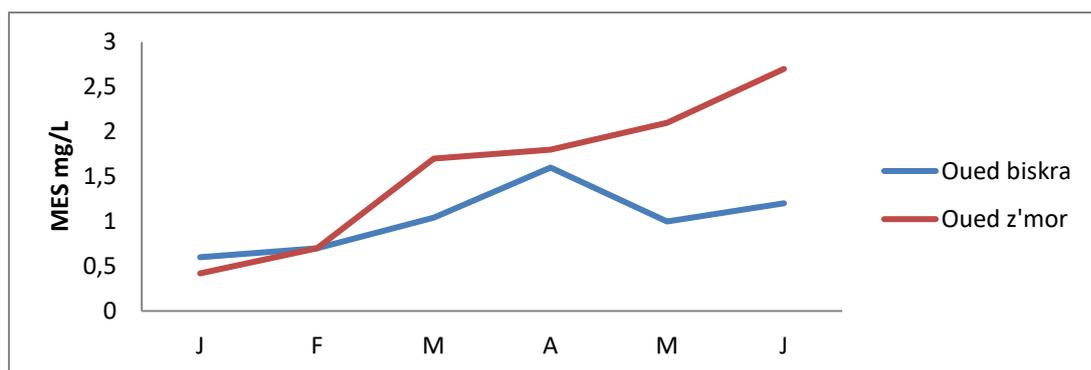


Figure 11 : Variation temporelle de la matière en suspension durant la période d'étude

### III.3.1.6. Oxygène dissous :

La Figure (12) met en évidence l'évolution temporelle de l'oxygène dissous dans les deux sites de rejets. Les valeurs enregistrées d'oxygène varient entre 1.8 et 4.7 mg/l avec une valeur moyenne de  $(3.18 \pm 1.19 \text{ mg/l})$  pour le site 1 et entre 2.5 et 5.3 mg/l avec une valeur moyenne de  $(3.26 \pm 1.17 \text{ mg/l})$  pour le site 2. Les teneurs enregistrées en oxygène dissous des deux sites est nettement inférieur à la norme (8mg/l).



Figure 12 : Variation temporelle de l'oxygène dissous durant la période d'étude

### III.3.1.7. Ortho phosphates

La Figure (13) met en évidence l'évolution temporelle des ortho phosphates dans les deux sites de rejets. Les valeurs enregistrées des ortho phosphates varient entre 10.5 et 29mg/l avec une valeur moyenne de  $(19,93 \pm 7,44 \text{ mg/l})$  pour le site 1 et entre 1.7 et 27 mg/l avec une valeur moyenne de  $(11,78 \pm 10,13 \text{ mg/l})$  pour le site 2. Les teneurs enregistrées en ortho phosphates présentent des variations considérables au cours du cycle de prélèvement effectué, nous enregistrons une réduction de concentration très marquée au mois de février dans le site 2.

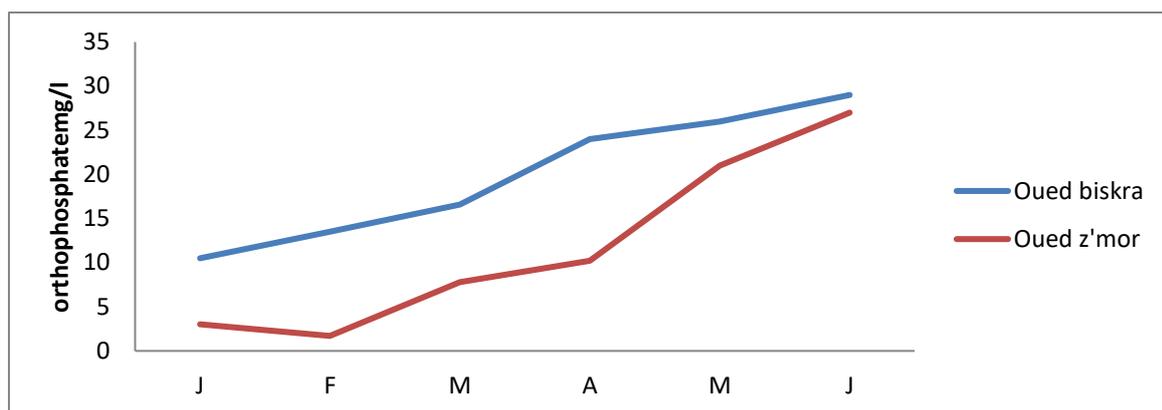


Figure 13 : Variation temporelle de l'Ortho phosphate durant la période d'étude

### III.3.1.8. Amonium $\text{NH}_4$

La Figure (14) représente l'évolution temporelle de l'ammonium dans les deux sites de rejets. Les concentrations moyennes obtenue en ion ammonium dans le site 1 est de  $(15.71 \pm 4.15 \text{ mg/l})$  avec des valeurs extrêmes de 10 et 22.05 mg/l alors que pour le site 2 est de l'ordre de  $(17.57 \pm 3.15 \text{ mg/l})$  avec des valeurs extrêmes de 13 et 22 mg/l dans les deux sites les valeurs d'ammonium trouvées au mois de janvier sont nettement très inférieures à celles de la période chaude notamment en mois de juin.

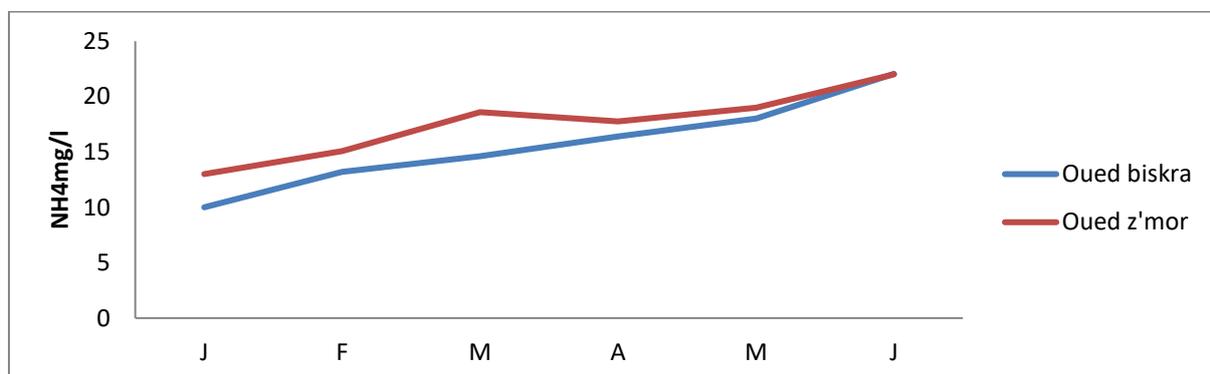


Figure 14 : Variation temporelle du  $\text{NH}_4$  durant la période d'étude

### III.3.1.9. Nitrate $\text{NO}_3$

Les teneurs en nitrates dans les eaux étudiées varient entre 2,3 et 7 mg/l avec une concentration moyenne de  $(4,87 \pm 1,75 \text{ mg/l})$  pour le site 1 et entre 5.01 et 15 mg/l avec une concentration moyenne de  $(9.20 \pm 4.48 \text{ mg/l})$  pour le site 2. Il semble que l'évolution saisonnière très marquée des nitrates est similaire pour les deux sites.

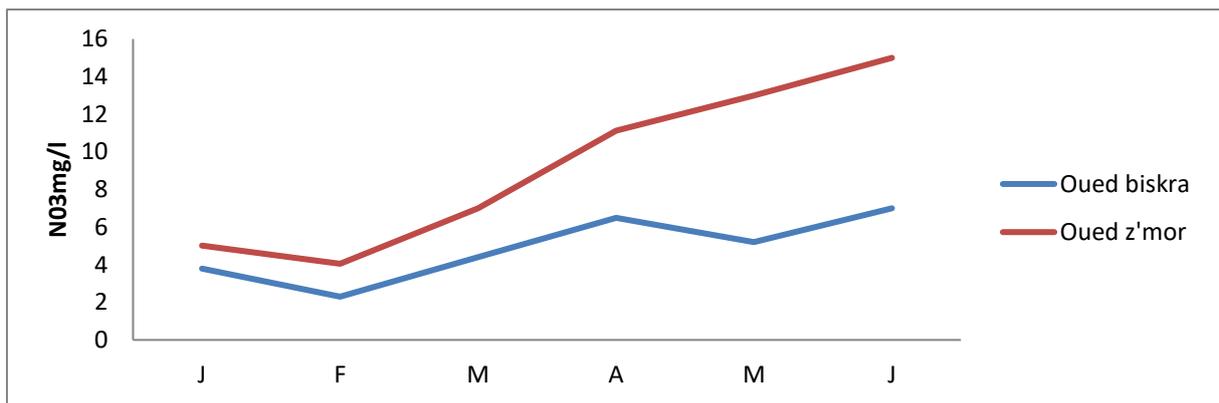


Figure 15 : Variation temporelle du NO<sub>3</sub> durant la période d'étude

### III.3.1.10. Nitrite NO<sub>2</sub>

La Figure (16) représente l'évolution temporelle des nitrites dans les deux sites de rejets. Les teneurs en nitrites dans les eaux étudiées sont très faibles et varient entre 0.1 et 3.8 mg/l avec une concentration moyenne de  $(1.59 \pm 1.22 \text{ mg/l})$  pour le site 1 et entre 0.95 et 3.8 mg/l avec une concentration moyenne de  $(2.52 \pm 1.09 \text{ mg/l})$  pour le site 2.

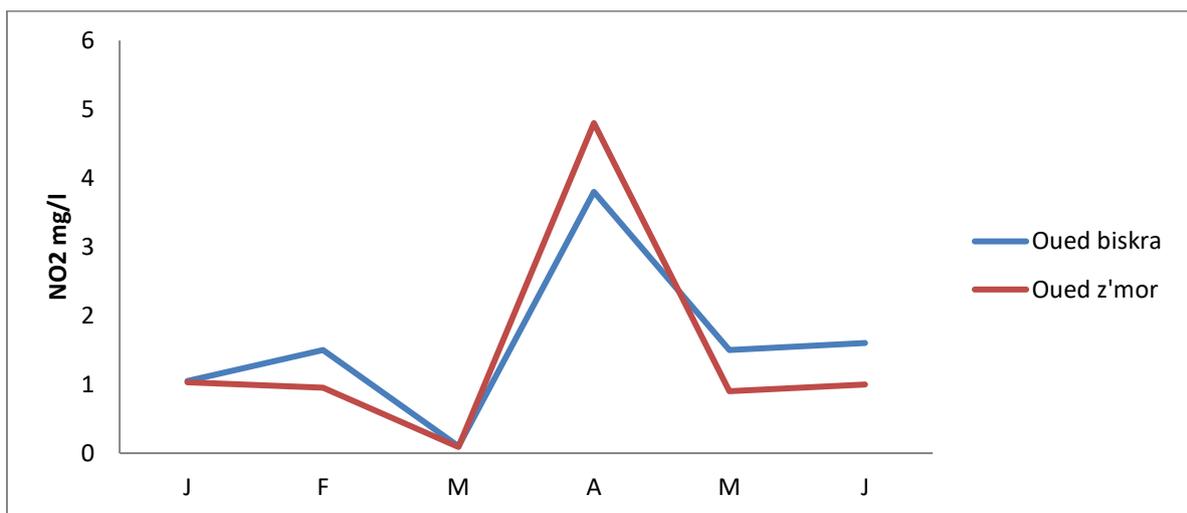
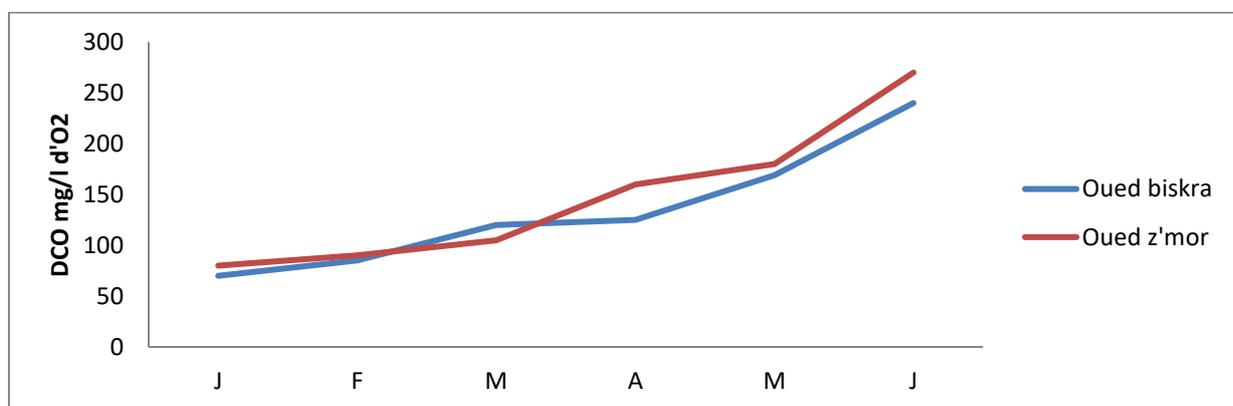


Figure 16 : Variation temporelle du NO<sub>2</sub> durant la période d'étude.

### III.3.1.1.1. Demande chimique en Oxygène

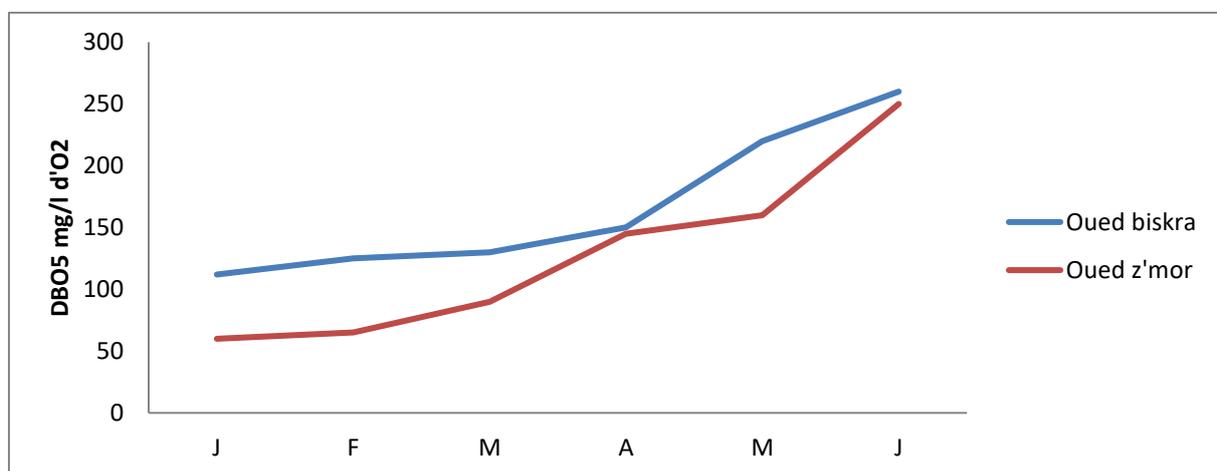
La Figure (17) représente l'évolution temporelle de la DCO dans les deux sites de rejets. Les valeurs de la DCO oscillent entre 70 et 240mg/l d'O<sub>2</sub> ( $134,83 \pm 62,02$ mg/l d'O<sub>2</sub>) dans le site 1 et entre 80 et 270 mg/l d'O<sub>2</sub> ( $280 \pm 55,67$  mg/l d'O<sub>2</sub>) dans le site 2.



**Figure 17 :** Variation temporelle de la Demande Chimique en oxygène durant la période d'étude

### III.3.1.1.2. Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours

La Figure (18) illustre l'évolution temporelle de la DBO<sub>5</sub> dans les deux sites de rejets. Les valeurs de la DBO<sub>5</sub> fluctuent entre 112 et 260 mg/l d'O<sub>2</sub> ( $166,17 \pm 59,83$  mg/l d'O<sub>2</sub>) dans le site 1 et entre 60 et 250mg/l d'O<sub>2</sub> ( $128,33 \pm 72,43$  mg/l d'O<sub>2</sub>) dans le site 2.



**Figure 18 :** Variation temporelle de la Demande Biochimique en oxygène en 5 jours durant la période d'étude.

Le rapport moyen DBO<sub>5</sub>/DCO est indiqué dans le tableau 3. Il est de l'ordre de 0,97 pour le site 1 et de 1.23 pour le site 2. Le rapport moyen de la DCO/DBO<sub>5</sub> est de l'ordre de 1,49 pour le site 1 et de 0.81 pour le site 2.

**Tableau 4.** Rapports de la pollution organique

<b>Paramètres Sites</b>	<b>DBO<sub>5</sub>/DCO</b>	<b>DCO/DBO<sub>5</sub></b>	<b>Matière Oxydable (MO) * mg/l</b>
<b>Oued Biskra</b>	0,97	1,49	253,33
<b>Oued Z'mour</b>	1.23	0.81	256,33

**\*MO = DCO +2(DBO<sub>5</sub>) / 3 (Boeglin, 1999).**

Les valeurs de la matière oxydable MO calculées à partir de la formule de Boeglin en 1999 sont de 253.33 pour le site 1 et de 256.33 pour le site 2.

### **III.3.2. L'évolution spatio-temporelle des paramètres bactériologiques des eaux usées des deux sites de rejets (Oued Biskra (I) et Oued Z'mour(II))**

Les valeurs des paramètres bactériologiques obtenues à partir des deux sites de rejets de la ville de Biskra Oued Biskra site (I) et Oued Z'mour site (II) sont reprises dans le tableau 5 et les figures (15) à (18).

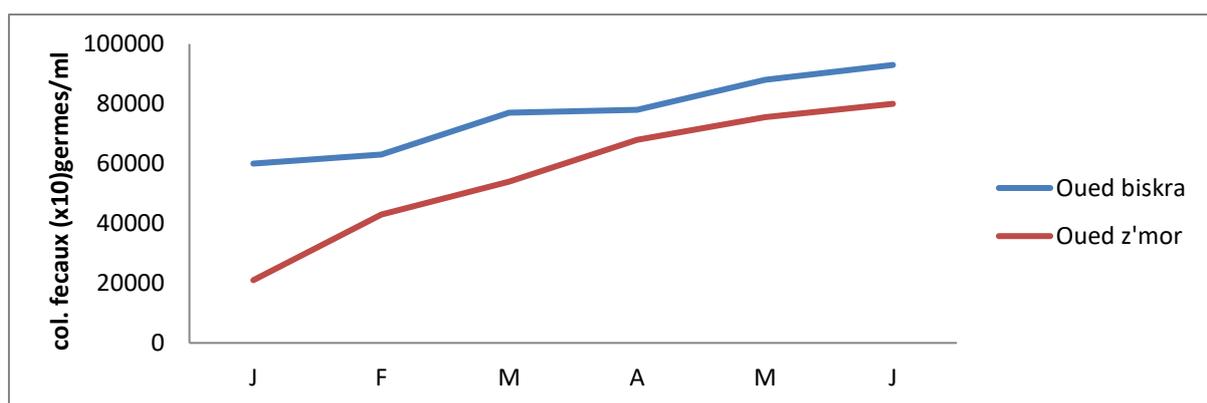
**Tableau 5.** La variation des paramètres bactériologiques de deux sites (Oued Biskra site (I) et Oued Z'mour site (II))

Oued Biskra( site I)								
Mois germe	Jan	fev	Mars	Avr	Mai	Juin	moyenne	Ecart type
<i>Coli. fécaux</i> germes/ml	60000	63000	77000	78000	88000	93000	<b>76500,00</b>	13126,31
<i>E.coli</i> germes/ml	225	360	380	420	600	760	<b>457,50</b>	191,20
<i>St.fécaux</i> germes/ml	1200	1350	1420	1600	1700	1800	<b>1511,67</b>	227,19
<i>Cl. sulforeducteur</i> germes/ml	160	450	560	630	710	790	<b>550,00</b>	224,41
Oued Z'mour (site II)								
Mois germe	Jan	fev	Mar	Avr	Mai	Jui	moyenne	Ecart type
<i>Col. fécaux</i> germes/ml	21000	43000	54000	68000	75500	80000	56916,67	22330,286
<i>E.coli</i> germes/ml	280	540	360	520	760	890	558,33	232,070
<i>St. fécaux</i> germes/ml	1500	2900	5400	4900	5100	6300	4350,00	1788,575
<i>Cl. sulforeducteur</i> germes/ml	390	410	450	480	540	700	495,00	113,622

Nous allons mettre en évidence l'évolution des différents paramètres bactériologiques des eaux usées analysées dans le temps.

### III.3.2.1. Coliformes fécaux ( $\times 10^3$ )

La Figure (19) illustre l'évolution temporelle des coliformes fécaux dans les deux sites de rejets. Le dénombrement des coliformes fécaux fluctue entre 60000 et 93000 germes/ml avec une valeur moyenne de  $(76500 \pm 13126.31)$  germes/ml dans le site 1 et entre 21000 et 80000 germes/100ml avec une valeur moyenne de  $(56916,67 \pm 22330.28)$  germes/ml dans le site 2. L'évolution saisonnière du germe se distingue par une évolution croissante pour les deux sites.

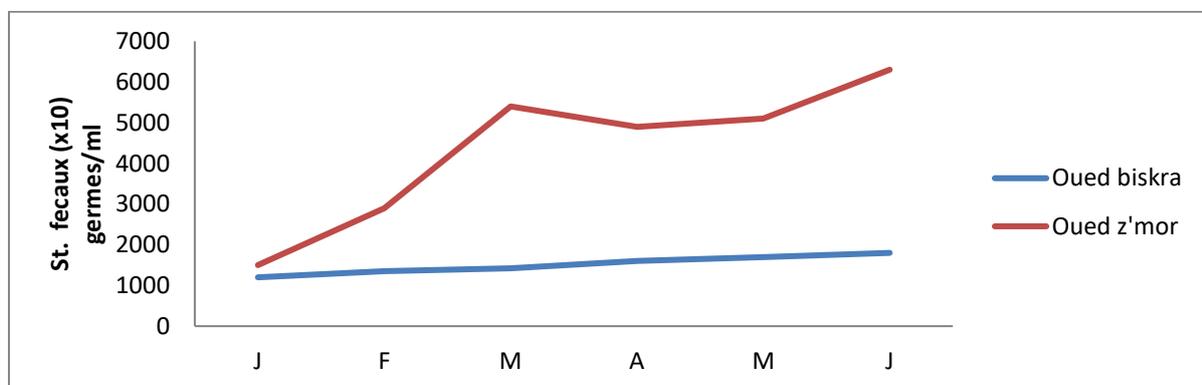


**Figure 19** : Répartition temporelle des Coliformes fécaux durant la période d'étude

### III.3.2.2. Streptocoques fécaux ( $\times 10^3$ )

La Figure (20) met en évidence l'évolution temporelle des streptocoques fécaux dans les deux sites de rejets. Le dénombrement des streptocoques fécaux oscille entre 1200 et 1800 germes/ml avec une valeur moyenne de  $(1511.67 \pm 227)$  germes/ml dans le site 1 et entre 1500 et 6300 germes /ml avec une valeur moyenne de  $(4350.00 \pm 1788.57)$  germes/ml dans le site 2.

Le dénombrement des streptocoques fécaux fait ressortir au cours du suivi une augmentation du nombre de germes au mois de juin dans le site II au contraire pour le site I on constate un nombre plus ou moins constant le long de la période d'étude.



**Figure 20** : Répartition temporelle des Streptocoques fécaux

### III.3.2.3. *Escherichia coli* ( $\times 10^2$ ) :

La Figure (21) met en évidence l'évolution temporelle du *E coli* dans les deux sites de rejets. Le dénombrement des *E coli* oscille entre 225 et 760 germes/ml avec une valeur moyenne de  $(457,50 \pm 191,20)$  germes/ml dans le site 1 et entre 280 et 890 germes /ml avec une valeur moyenne de  $(558,33 \pm 232,07)$  germes/ml). Le dénombrement du *E coli* fait ressortir au cours du suivi une augmentation du nombre de germes au mois de juin dans les deux sites.

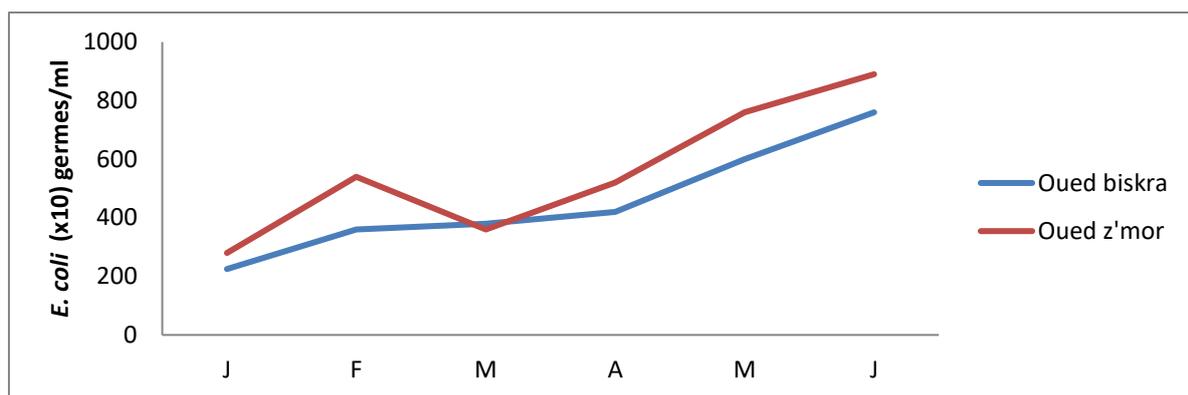


Figure 21 : Répartition temporelle d'E coli

#### III.3.2.4. Clostridium sulfito-réducteur ( $\times 10^2$ )

La Figure (22) représente l'évolution temporelle de *Clostridium* sulfito-réducteur dans les deux sites de rejets. Les résultats fluctuent entre 160 et 790 germes /ml avec une valeur moyenne de  $(550.00 \pm 224.41)$  germes /ml pour le site 1 et entre 390 et 700 germes /ml avec une valeur moyenne de  $(495.00 \pm 113.62)$  germes /ml pour le site 2. Ces résultats mettent en évidence une concentration élevée en période chaude.

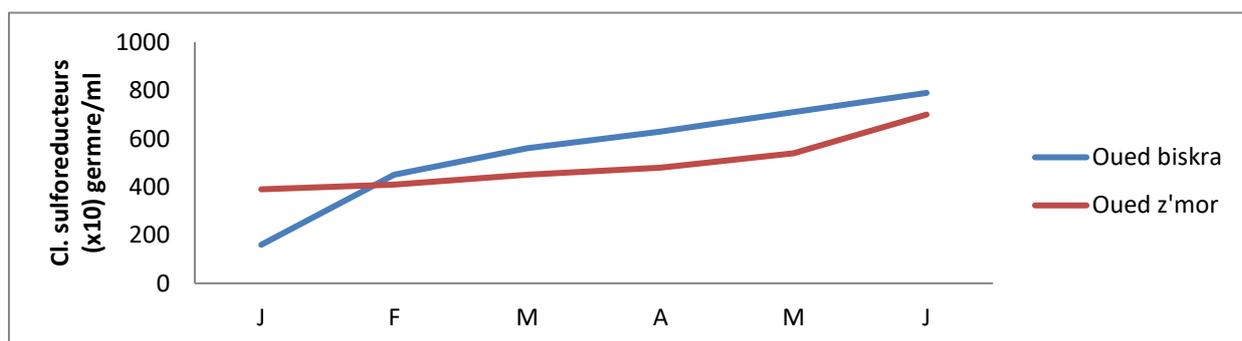


Figure 22 : Répartition temporelle des Clostridium sulfito-réducteur

#### III.4. Discussion

Les résultats obtenus suite à l'analyse des paramètres physico-chimiques des effluents des rejets d'eau usées des deux sites de la ville de Biskra (oued Biskra et oued z'mour) laissent apparaître des concentrations différentes de ces derniers.

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (Derwich et al., 2010; Rodier et al., 2016 ; Mamine et al., 2020). La température des eaux usées de deux sites est comprise entre 13°C et 25°C. Les valeurs de la température enregistrées dans les deux sites sont inférieures à la norme algérienne 30°C, considérée comme valeur limite de rejets directs dans le milieu récepteur (JORA, 2009). Mais présente toujours

un risque sur le milieu récepteur. Nos résultats concordent avec (El Guamri et Belghyti, 2006 ; Sadek *et al.*, 2012).

Le potentiel d'Hydrogène est un indicateur de la pollution, il varie suite à la nature des effluents basiques ou acides (Rodier *et al.*, 2016). Les valeurs moyennes annuelles du pH des eaux usées des deux sites sont respectivement : 7,01 et 8.2 sont donc neutres, elles se trouvent également dans l'intervalle admis (5,5-8,5) considéré, comme valeurs limite des rejets des effluents liquide déversés dans le milieu naturel (JORA, 2009). En dehors de cet intervalle, le pH a des effets néfastes sur le milieu récepteur. La légère réduction de pH a été observée dans les deux sites au mois de février, ce qui peut être expliqué par la dilution de l'eau. Des résultats similaires ont été enregistrés en Chilika Lagoon par (Muduli et Pattnaik , 2020)

La Conductivités représente l'un des moyens pour valider les analyses physicochimiques de l'eau. En effet, des mesures contrastées sur un milieu permettent de mettre en évidence l'existence de pollution des zones de mélange ou de rejets (Rodier *et al.*, 2016). Ce paramètre permet aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Les résultats des analyses de la CE dans les deux sites de rejets ont des moyennes de 3075.00 Us/cm pour le site I et de 3611.67 Us/cm pour le site II, ces valeurs dépassent fortement les normes recommandées (2000 Us/cm) (JORA, 2009). Ils sont caractérisés par une minéralisation très forte à excessive (Ali EM et Khairy , 2016).

Pour la Turbidité, nous constatons que les valeurs moyennes de la turbidité dans les deux sites sont de 150 et 124.33 NTU presque semblables et nettement supérieurs aux normes algériennes pour les eaux usées (5 NTU) dans les deux sites I et II (Oued Biskra et Oued Z'mour). Ceci s'explique par une importante pollution particulière qui est l'origine de nombreux problèmes qui troublent l'eau, diminuant ainsi le rayonnement lumineux indispensable par une croissance des végétaux aux fonds des cours d'eaux et favorisant le développement des bactéries anaérobies (Umer *et al.*, 2020)

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. Leurs effets sur les caractéristiques physicochimiques de l'eau sont très néfastes (modification de la turbidité des eaux, réduction de la pénétration de la lumière mettant en péril la photosynthèse (Rodier *et al.*, 2016 ; Keister *et al.*, 17). Les eaux usées de deux sites sont caractérisées par des concentrations moyennes qui sont respectivement : 3.18 mg/l et 1.75 mg/l, ces valeurs enregistrées en matières en suspension sont inférieure à la concentration limite de rejet direct (50 mg/l) et à la concentration pour le

rejet indirect (600 mg/l) mais très inférieures à 2000 mg/l considéré comme concentration limite des eaux destinées à l'irrigation (JORA, 2009).

L'oxygène se dissout mieux dans les eaux froides que dans les eaux chaudes. Dans des eaux à 5° C, le taux de saturation de l'oxygène dissous est environ une fois et demie supérieure à celui qui est dans des eaux à 20° C. Il est en effet d'environ 13 ppm dans des eaux à 5°C et de 9 ppm dans des eaux à 20° (Rodier *et al.*, 2016). Les concentrations moyennes de l'oxygène des deux sites sont comprises entre 3.18 et 3.26 mg/l inférieur la norme algérienne (8mg/l) (JORA, 2012).

La plus grande partie du phosphore organique provient également des déchets du métabolisme des protéines et de son élimination sous forme de phosphates dans les urines par l'homme (Rabiet, 2006). L'évolution temporelle des ortho phosphates montre une augmentation des moyennes d'un site à l'autre. Ces résultats obtenus dépassent 2 mg/l, cette valeur est considérée, comme valeur limite des rejets liquide déversés dans le milieu naturel (JORA, 2009). Les sels nutritifs azotés (nitrate, nitrite) et phosphorés (phosphates) sont des composés nécessaires à la vie aquatique. Leur niveau de concentration en fonction de la lumière favorisera ou limitera la croissance de la biomasse. Présents en excès, ces éléments peuvent provoquer un phénomène d'eutrophisation du milieu, en particulier dans les zones fermées ou semi-fermées (lagunes, estuaires, ...). Ils sont présents dans l'eau sous forme minérale, telle que les nitrates, les nitrites et les ortho phosphates, ce qui favorise leur assimilation par l'ensemble de la chaîne alimentaire aquatique. Ceci assure un retour partiel de ces éléments au milieu (Wen *et al.*, 2017).

Les concentrations des nitrates varient entre 4.87 mg/l et 9.20 mg/l et sont très inférieures à 50 mg/ l. Les concentrations des nitrites sont très faibles et elles varient entre 1.59 mg/l et 2.52 mg/l. Les faibles concentrations en nitrites rencontrées au niveau des eaux usées de l'effluent étudié, pourraient être expliquées par le fait que l'ion nitrite (NO<sub>2</sub>) est un composé intermédiaire, instable en présence de l'oxygène, dont la concentration est généralement très inférieure à celle des deux formes qui lui sont liées. Les ions ammonium proviennent de la dégradation des protéines animales (cycle de l'azote), des effluents domestiques (urée) et des ruissellements urbains (Tilahun et Ahlgren , 2010 ; El Khokh *et al.*, 2011) Les teneurs en ammonium varient entre 9.50 mg/l et 22.05 mg/l. Ces valeurs sont supérieures à la norme (0.5mg/l).

L'évolution saisonnière de la DCO dans les deux sites est caractérisée par des concentrations moyennes annuelles élevées : 134.83 mg/l d'O<sub>2</sub> pour le site I et de 147.50 mg/l

d'O<sub>2</sub> pour le site II, elles sont nettement supérieures à la norme algérienne (120mg/l) (JORA, 2009). Ainsi ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par Boutayeb *et al.*, (2012) est supérieurs à celles trouvées par Vundo *et al.*, (2019).

Concernant les valeurs moyennes de la DBO<sub>5</sub>, elles dépassent largement la norme algérienne qui est égale à 35mg/l (JORA, 2009). De même, ces valeurs sont inférieures à celles rencontrés dans les eaux usées de France (Mercoret, 2010). Par contre elles sont supérieures à celles obtenues par Sadek *et al.*, (2012).

Dans les deux sites les rapports DBO<sub>5</sub>/DCO sont très élevés, ils sont de l'ordre de 0,87 et 1.23, c'est le cas général pour les rejets chargés en matière organique. Ces résultats obtenus sont confirmés par la grande teneur en Matière Oxydable, qui est de l'ordre de 253.33mg/l et de 256.33 mg/l. Par ailleurs, les rapports DCO/DBO<sub>5</sub> sont de l'ordre de 11.49 et 0.81 ce qui nous permet de déduire que la charge en matières organiques dans les eaux usées de ces sites est facilement biodégradable selon Rodier *et al.*, (2016) ; Romeyssa et Bouhali, (2021). Ce résultat permet de conclure que les eaux usées des deux sites sont touchées par une pollution organique caractérisée par des effluents facilement dégradables.

L'analyse bactériologique des eaux usées des deux rejets prospectés a révélé qu'elles possèdent des charges bactériennes largement au-dessus du seuil de 103 UFC/ 100 ml fixé par l'OMS. (2013) pour le rejet direct dans l'environnement. L'évolution saisonnière de cette charge bactérienne est marquée par la réduction des valeurs en période froide en raison de la dilution (N'Diaye *et al.*, 2011), et leurs augmentations en période chaude période de fort ensoleillement et de grandes températures, des résultats similaires ont été enregistrés par Larif *et al.* (2013). Ce même constat a été fait par plusieurs auteurs ayant mené des travaux similaires (Ghemmit-Doulache et Ouslimani, 2021).

Les Coliformes fécaux thermo-tolérant sont des bactéries habituelles du tube digestif de l'homme et des animaux (APHA, 2017). Sa détection dans l'eau doit faire sérieusement soupçonner une contamination d'origine fécale. (Prescott *et al.*, 2018). Les valeurs détectées sont très élevées compris entre 21000 UFC/100 ml et 93000 UFC/100 ml. L'importance des teneurs en coliformes fécaux confirme la contamination fécale des eaux usées de la ville de Biskra.

Les Streptocoques Fécaux (SF), sont associés aux coliformes fécaux, ils sont considérés comme un bon indicateur de pollution. Ils sont aussi utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement, car ils sont nettement plus résistants que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes (Benazia et Maiassi, 2021). Les eaux usées des deux sites sont caractérisées par

une concentration maximale de 6300 UFC/100 ml et une concentration minimale de 1200 UFC/100 ml. Ces valeurs dépassent largement les normes de l'OMS, (2013) du fait de la présence du bétail et des animaux domestiques qui ont libre accès au cours d'eau (Larif *et al.*, 2001 ; Benazia et Maiassi, 2021).

Cette contamination est fortement d'origine humaine puisque le rapport CF/SF est égale 51.66UFC/100 ml pour le site 1 et de 12.69 UFC/100 pour le site 2 ses effluents sont largement supérieurs à 1UFC/100 (Abou Elouafa *et al.*, 2002). En effet, la présence de ces entérobactéries, quoique non pathogènes dans leur grande majorité, doit faire sérieusement soupçonner celle de plusieurs autres microorganismes pathogènes (Mvouezolo *et al.*, 2021)

La forte densité des *E. coli*, bactéries indicatrices, les plus spécifiques d'une pollution fécale (CEAEQ, 2000), dans les eaux analysées, indique clairement leur contamination par des germes fécaux et par conséquent, le risque épidémiologique potentiel que représente leur rejet sans traitement (Fagrouch *et al.*, 2010).

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne Plus difficilement à éliminer que les coliformes par les désinfectants, ils constituent aussi un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (George *et al.*, 2001), Les eaux usées de deux sites sont caractérisées par une concentration minimale 160 UFC/100 ml et une concentration maximale 790UFC/100 ml, cette valeur est supérieure à la norme algérienne (200UFC/100 ml) (JORA,2009). Ces concentrations mettent en évidence une évolution saisonnière dans les deux sites par la croissance du germe en période chaude qu'en période froide (Bou Saab *et al.*, 2007 ; Benazia et Maiassi , 2021). La présence de *Clostridium* sulfito-réducteur dans les eaux usées indique une contamination tellurique dans les deux sites de rejets.

### III.5. Conclusion

Au terme de notre étude, basée sur l'analyse physico-chimique, bactériologique des eaux usées des principaux sites de rejet de la ville de Biskra, nous sommes parvenus aux conclusions suivantes :

Les eaux usées de la ville de Biskra présentent des valeurs des paramètres physico-chimiques majeurs de pollution inférieure aux valeurs limites générales des rejets directs (50mg/l) et indirects (600mg/l) dans le milieu récepteur, malgré ces faible concentration ces eaux présentent un risque de pollution environnementale en favorisant la croissance des microorganismes. En effet, les résultats des paramètres physicochimiques des eaux usées de la ville

de Biskra des deux sites de rejets site I oued Biskra et site II oued Z'mour nous a permis de dégager un ensemble de renseignements au niveau de sa qualité en tant que rejet direct dans le milieu récepteur. Les paramètres tels que (T, pH, O<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> ...) ont révélé des valeurs inférieures à la norme algérienne. En revanche nous avons remarqué des concentrations importantes de (DCO, DBO<sub>5</sub>, MES, NH<sub>4+</sub>, CE Ortho phosphate) qui sont supérieures à la norme algérienne. Au terme de l'évaluation de degré de pollution organique, on peut constater que l'ensemble des paramètres étudiés (en particulier la DBO<sub>5</sub>, la DCO) classent les eaux usées des deux sites dans la tranche de concentration faible à moyenne.

Les analyses bactériologiques des eaux usées effectuées au cours de notre étude confirment une contamination fécale à cause de la présence de coliformes fécaux, streptocoques fécaux et Clostridium sulfito- réducteur, avec des valeurs très élevées et dépassant largement les directives de l'OMS.

**CHAPITRE IV :**

**CHARGE PARASITAIRE DES EAUX  
USEES BRUTES DES DEUX REJETS DE  
LA VILLE DE BISKRA – OUED Z’MOR  
ET OUED BISKRA**

#### IV.1. Introduction

A l'heure actuelle, parmi les problèmes environnementaux les plus préoccupants, figure en première place le problème de l'assainissement. En effet, l'activité anthropique entraîne la production d'eaux usées déchargées quotidiennement dans la nature (Lu Song et *al.*, 2015). Mises en contact direct avec le milieu naturel, les eaux usées brutes engendrent des effets néfastes notamment : une nuisance liée à la stagnation de ces eaux et au dégagement d'odeurs nauséabondes ; une perturbation de l'équilibre écologique du milieu naturel, surtout par la pollution des eaux de surface et des nappes phréatiques et un risque sanitaire par contamination microbiologique ou parasitaire (helminthe) (Akpo et *al.*, 2013; Wen et *al.*, 2017).

On estime que plus de 1,5 milliard de personnes sont infectées par au moins une espèce d'helminthes transmis par l'eau usée dans le monde (OMS, 2013). La plupart de ces infections se produisent dans les régions tropicales et subtropicales du monde où la pauvreté entraîne de mauvaises conditions sanitaires (Kostyla et *al.*, 2015). Les infections à TH sont principalement causées par l'exposition à l'eau usée, du sol ou des aliments contaminés par des matières fécales. La réutilisation des eaux usées contribuerait de manière significative au risque élevé d'infections. Dans les zones d'endémie, on estime que les eaux usées contiennent jusqu'à 3 000 œufs / L (Mara et Sleigh, 2010).

Ces rejets d'eaux usées brutes déversés dans les milieux naturels est une pratique courante dans la plupart des pays en développement. Cette situation est accentuée dans les centres urbains à cause de la démographie galopante qui les caractérise. (Sylla et *al.*, 2019). C'est le cas de la ville de Biskra, ville de Sud -Est algérien caractérisée par un climat aride à semi - aride, rejette environ 265 l/j /h d'eau usée par jours avec un taux de 44,73 Hm<sup>3</sup>/an d'effluent dans les différents rejets de la ville sans traitement préalable (ANRH, 2015). Ces eaux usées contiennent une quantité importante de contaminants biologiques tels que des œufs d'helminthes provenant de matières fécales. L'infestation par les œufs d'helminthes est responsable de maladies parasitaires (humaines et animales). Généralement deux groupes d'œufs d'helminthes sont présents dans les eaux usées: les plathelminthes et les némathelminthes. Les espèces de plathelminthes comprennent les cestodes et les trématodes, tels que *Diphyllobothrium sp.*, *Hymenolepis (nana et diminuta)*, *Taenia (saginata et solium)*, *Clonorchis sinensis*, *Fasciola (hepatica et busci)* et *Schistosoma*. Le groupe des némathelminthes est représenté par les nématodes (Keffala et *al.*, 2012). Dans le cas des nématodes intestinaux, l'infestation peut être réalisée par voie orale suite à l'ingestion d'œufs

comme *Ascaris Lumbricoides*, *Trichuris* sp, ou par voie transcutanée sous forme de larves (*Ancylostoma duodenale*, *Necator americanus*, *Strongyloides stercoralis*). Mais *Ascaris* sp. reste le plus répandu dans le domaine de l'assainissement (Konaté et al., 2013). Les œufs d'helminthes sont de forme, de taille et de densités différentes ; ces différences sont selon les espèces. Les diamètres de la majorité des œufs d'helminthes les plus importants dans le domaine sanitaire mesurent fréquemment entre 20 et 80 µm, sauf *Schistosoma* dont le diamètre mesure plus de 185 µm. Selon leur forte densité (Keffala et al., 2012). Les œufs d'helminthes résistent aux agressions du milieu extra-intestinal. Cette résistance est due à la présence d'une cuticule composée de plusieurs couches qui empêchent le passage de certaines substances (acides et bases fortes, oxydants, réducteurs et détergents) (Wharton, 1983). La perméabilité des œufs est limitée au passage de l'eau, de certains solvants et de certains gaz.

L'objectif de cette étude a porté sur l'identification et la quantification des œufs d'helminthes dans les eaux usées des deux principaux sites de rejets de la ville de Biskra.

## **IV.2. Matériel et méthodes**

### **IV.2.1. Cadre d'étude**

La ville de Biskra compte une population de 176048 habitants et se caractérise par une forte concentration avec une densité de 1485 habitant/km<sup>2</sup>. Le débit d'eau usée moyen et de 165 L/ habitant/jour tous secteurs d'activités compris. Il n'existe aucune station d'épuration des eaux usées urbaines, qui sont déversées dans les oueds pour la plupart des agglomérations, telle que **Oued Biskra** et **Oued Z'mour**.

### **IV.2.2. Echantillonnage des eaux usées de la ville de Biskra**

L'échantillonnage des eaux usées de la ville de Biskra a été effectué mensuellement du mois de janvier à juin en 2015 au niveau des deux sites de rejet (Oued Biskra et Oued Z'mour) pour l'étude parasitologique. Des échantillons de deux litres chacun ont été prélevés et conservés par l'ajout de Formol 10% (2 ml par litre) dans des flacons en verre colorés, stériles afin d'éviter l'infiltration de la lumière, puis conservés dans une glacière à une température de 4°C conformément au guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons marqué par Rodier et al., (2016), puis transportés au Laboratoire de Biologie de l'Université Mohamed Khider, Biskra-Algérie.

### **IV.2.3. Matériel et méthodes d'analyses des parasites des eaux usées**

Compte tenu de la grande dispersion des œufs d'helminthes parasites dans les eaux usées, leur concentration devient nécessaire pour garantir un meilleur dénombrement. Pour cette

raison, on a opté pour la technique de BAILENGER, fortement recommandée par l'OMS en 1997, pour sa facilité d'exécution, son faible coût et sa fiabilité. Le culot, obtenu après centrifugation dans un mélange de tampon Aceto-acétique et d'éther, est ajouté à une solution de sulfate de zinc à 33% (densité = 1,18) pour permettre aux éléments parasitaires d'adhérer à la surface supérieure de la lame de Mac Master et faciliter, ainsi, leur comptage sous microscope.

L'identification des œufs d'helminthes a été effectuée au grossissement 100 (en repérage), soit à l'état frais (montage d'une goutte du culot entre lame et lamelle), soit après concentration (OMS , 2013).

L'observation microscopique des œufs d'helminthes a été basée sur la taille, la forme et le contenu de ces œufs en suivant les descriptions bibliographiques de Golvan, (1983).

Dans le cas où on ne peut pas identifier l'espèce, nous nous sommes limités à identifier seulement le genre. Les œufs de strongles ne sont pas pris en compte dans le comptage général, en raison de leurs origines diverses (animales, nématodes du sol, lavage des végétaux contaminés, etc.) et des difficultés inhérentes à leur identification (Belghyti *et al.*, 1994 ; Bouhoum, 1987 ; Inoue *et al.*, 2022).

La quantification totale des œufs d'helminthes par litre (N), présents dans deux litres d'eau usée analysée est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$N = A. X / P. V$$

Avec :

**A** : Nombre d'œufs comptés sur la lame de Mac Master ou moyenne des nombres trouvés dans 2 ou 3 lames.

**X** : Volume du produit final (ml).

**P** : Contenance de la lame de Mac Master (0,3 ml).

**V** : Volume de l'échantillon initial d'eau usée à analyser

#### **IV.2.4. Traitement statistique des résultats**

L'ensemble résultats parasitologique obtenus ont été traités à l'aide du logiciel GraphPad Prism version 7.04. L'analyse de ces résultats a été réalisée en utilisant une analyse de variance à un facteur (ANOVA), suivie d'une comparaison post hoc de Newman-Keuls. La différence entre les groupes est considérée comme significative lorsque  $p < 0,05$ .

### IV.3. Résultats

Dans cette partie du travail, nous avons analysé les paramètres parasitaires des eaux usées de la ville de Biskra durant un période de six mois. Les résultats obtenus feront l'objet d'une interprétation afin de cibler la charge des helminthes qui peuvent exister dans les différents sites.

#### IV.3.1. Caractérisation qualitative de la charge parasitaire des eaux usées de la ville de Biskra

Les résultats de l'analyse parasitologique des eaux usées des deux sites de rejets de la ville de Biskra (Oued Biskra et Oued Z'mour) sont reportés dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Les helminthes parasites contenus dans les eaux usées des deux sites de rejets de la ville de Biskra (Oued Biskra et Oued Z'mour)

Helminthes	Espèces parasites	Oued Biskra	Oued Z'mour
Nématodes	<i>Ascaris sp.</i>	+	+
	<i>Trichuris sp.</i>	+	+
	<i>Enterobius vermicularis</i>	+	+
	<i>Ankylostome sp.</i>	+	+
	<i>Nematodirus sp.</i>	+	+
	<i>Stroglyoides sp.</i>	+	+
Cestodes	<i>Hymenolepis nana</i>	+	+
	<i>Moniezia expansa</i>	+	+
	<i>Taenia sp.</i>	+	+
Trématodes	<i>Fasciola hépatica</i>	+	+

(+) Présent, (-) Absent

Les analyses parasitologiques des eaux usées des deux sites de rejet (Oued Biskra et Oued Z'mour) de la ville de Biskra ont montré qu'elles sont contaminées par des œufs appartenant à trois groupes d'helminthes parasites : Nématodes, Cestodes et Trématodes.

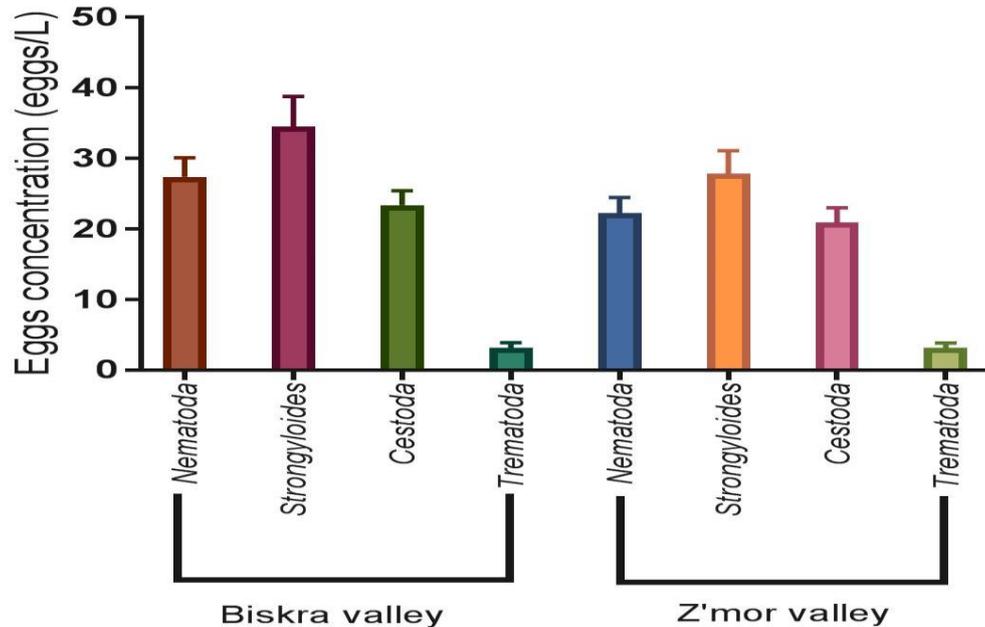
Les espèces appartenant au groupement des Nématodes sont les plus riches avec 6 espèces, suivies des espèces du groupement des Cestodes avec 3 espèces ; alors que le groupement des Trématodes n'est représenté que par une seule espèce pour chaque site.

Selon l'importance des Nématodes Strongyloides (la charge en œufs), nous les avons traités séparément de leur classe.

### IV.3.2. Caractérisation quantitative de la charge parasitaire des eaux usées de la ville de Biskra

#### IV.3.2.1. Étude par groupes d'helminthes

Les différentes concentrations moyennes en œufs d'helminthes trouvées dans les eaux usées des deux sites de rejet de la ville de Biskra (Oued Biskra et Oued Z'mour) sont illustrées dans la figure 1.

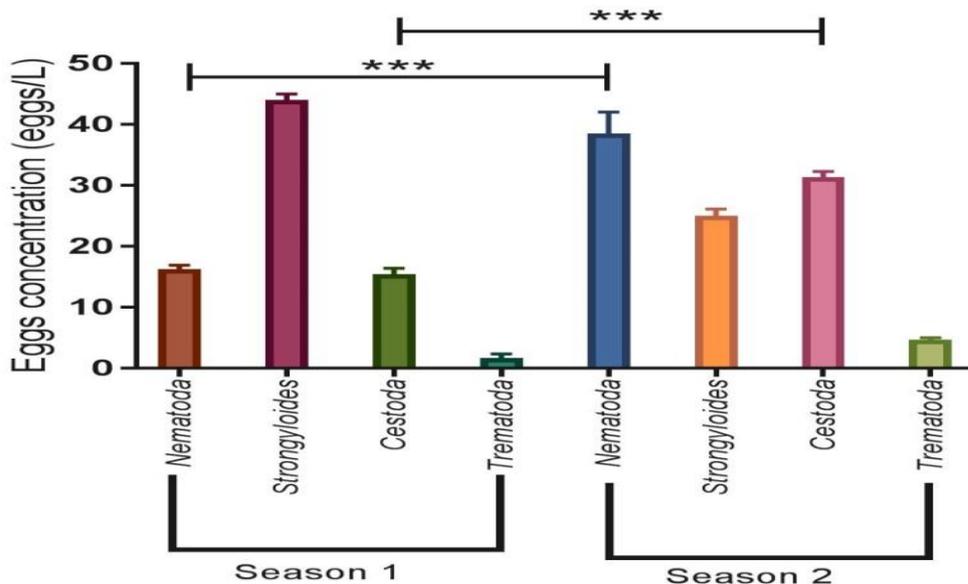


**Figure 1.** Répartition de la concentration moyenne d'œufs d'helminthes dans les eaux usées brutes des deux sites de rejet de la ville de Biskra (Oued Biskra et Oued Z'mour).

Au cours de la présente étude, le suivi parasitologique des eaux usées des deux rejets de la ville de Biskra (Oued Biskra et Oued Z'mour) montre qu'elles sont contaminées par des œufs d'helminthes parasites avec une concentration moyenne de 18,47 œufs/l ( $\pm 5,74$ ). Ces œufs sont repartis entre trois classes : les œufs de Nématodes, les œufs de Cestodes et les œufs de trématodes, avec des concentrations moyennes respectives de 22,1 œufs/l ( $\pm 8,93$ ), 17,11 œufs/l ( $\pm 6,42$ ) et 0,58 œufs /l ( $\pm 0,51$ ). La concentration moyenne en œufs de Strongles digestifs est de l'ordre de 17.11 œufs/l ( $\pm 6,42$ ).

#### IV.3.2.2. Variation saisonnière :

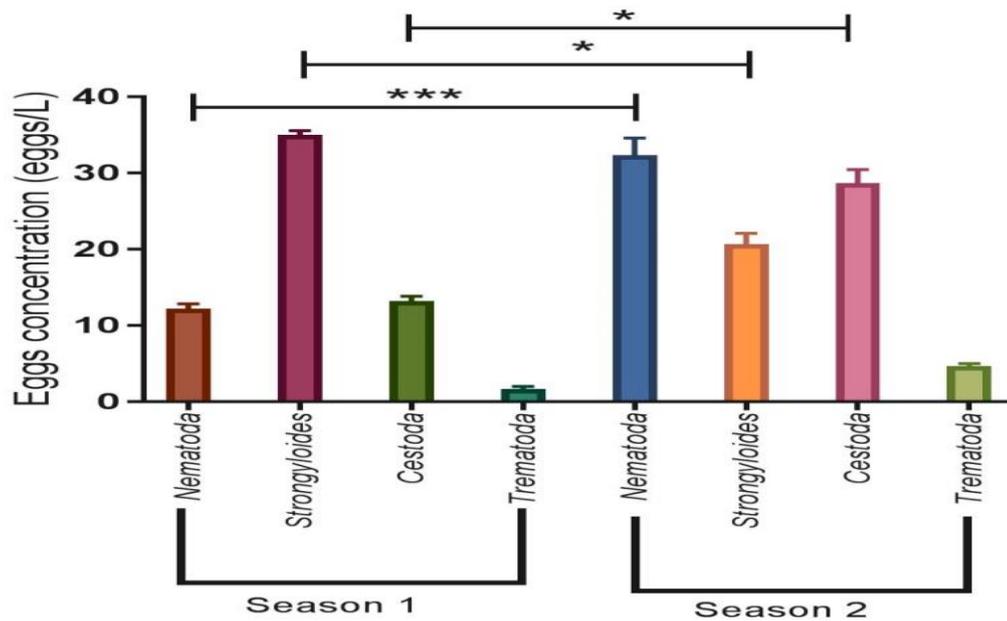
Au cours de cette étude nous avons adopté la terminologie suivante : mois à dominance froide (Janvier à mars) et mois à dominance chaude (Avril à juin) Pour la variation saisonnière de la charge parasitaire Au niveau d'Oued Biskra et Oued Z'mor qui sont représentées respectivement dans les figure 1 et figure 2.



**Figure 2 :** Variation saisonnière de la charge parasitaire des eaux usées du site de rejet (Oued Biskra).\*\*\*P<0,001.

Nous constatons que la concentration moyenne en œufs d'helminthes durant la période froide au niveau du site de rejet des eaux usées de la ville de Biskra (Oued Biskra) est de 17,33 œufs /l alors que pendant les mois chauds elle est de 31,62 œufs /l.

La concentration moyenne des Nématodes pendant la période des mois à dominance froide est de 16,26 œufs/l ( $\pm 2,63$ ). Pendant les mois de la période chaude, elle est de 38,53 œufs/l ( $\pm 13,62$ ). Pour les œufs de Cestodes la concentration est de 15,44 œufs/l ( $\pm 2,92$ ). Pendant la période froide, tandis que pour la période chaude elle est de 31,33 œufs/l ( $\pm 3$ ). Pour les trématodes nous avons détecté de très faible concentration en mois froide qu'à la chaude avec une concentration respective de 1,66 œufs/l ( $\pm 1,15$ ) et de 4,66 œufs/l ( $\pm 0,57$ ). Alors que pour les strongles nous avons une concentration de 44 œufs/l ( $\pm 1,73$ ) pour les mois à dominance froide et de 25 œufs/l ( $\pm 2$ ) pour les mois à dominances chaudes



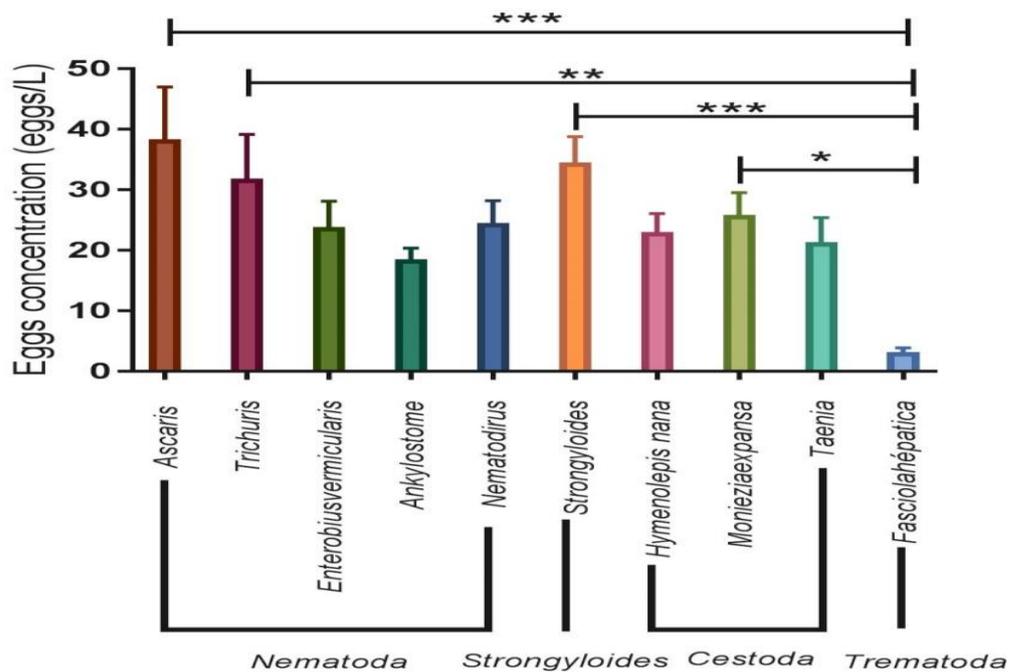
**Figure 3 :** Variation saisonnière de la charge parasitaire des eaux usées du site de rejet (Oued Z'mour) \* $P < 0.05$ ; \*\*\* $P < 0.001$

D'après l'histogramme nous constatons que la concentration moyenne en œufs d'helminthes durant la période froide au niveau du site de rejet des eaux usées de la ville de Biskra (Oued Z'mour) est de 13.73œufs /l alors que pendant les mois chauds elle est de 27,03 œufs /l.

La concentration moyenne des Nématodes pendant la période des mois à dominance froide est de 12,2 œufs/l ( $\pm 2,51$ ). Pendant les mois de la période chaude, elle est de 32,33 œufs/l ( $\pm 8,80$ ) Pour les œufs de Cestodes, la concentration est de 13,22 œufs/l ( $\pm 1,85$ ) durant la période froide Pendant la période chaude la concentration est de 28,66 œufs/l ( $\pm 5.43$ ). Pour les trématodes nous avons détecté de très faibles concentrations dans les deux périodes avec les concentrations respectives de 1,66 œufs/l ( $\pm 1,15$ ) et de 4,66 œufs/l ( $\pm 0,57$ ). Alors que pour les strongles nous avons une concentration de 35 œufs/l ( $\pm 1$ ) pour les mois à dominance froide et de 20.66œufs/l ( $\pm 2,51$ ) pour les mois à dominances chaudes.

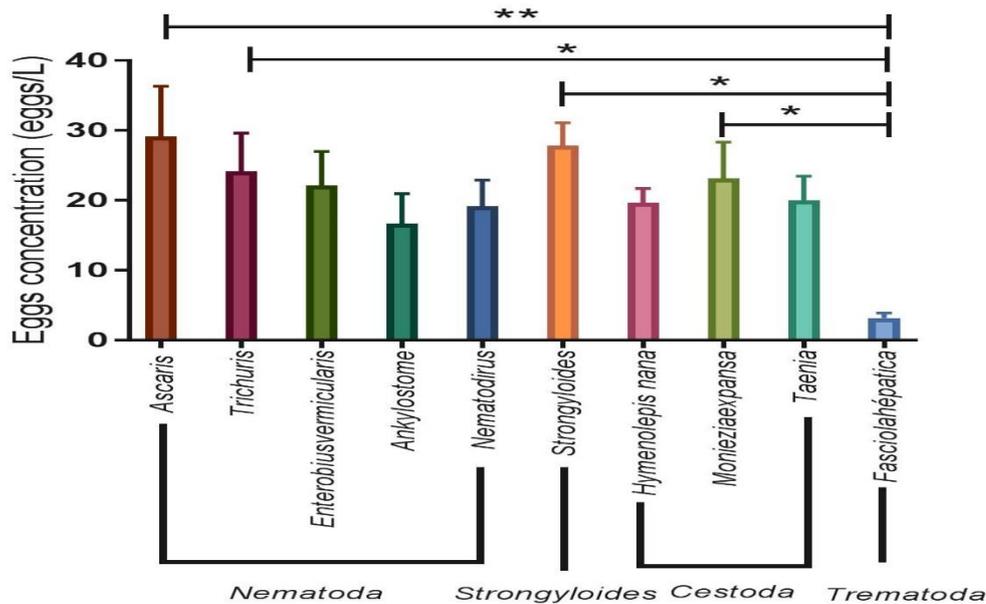
#### IV.3.2.3. Étude par espèces d'helminthes

Les variations des concentrations moyennes en œufs d'helminthes dans les eaux usées de la ville de Biskra (**Site I:**Oued Biskra et **Site II:**Oued Z'mour) sont reportées dans la figure4 :



**Figure 4 :** Concentration moyenne des œufs d’helminthes parasites dans les eaux usées de la ville de Biskra Site (Oued Biskra) \*P<0.05; \*\*P<0.01; \*\*\*P<0.001.

Les eaux usées de ville de Biskra (oued Biskra) renferment une concentration assez importante d’échantillons positifs d’œufs d’helminthe représenté par les nématodes, cestodes, trématodes et les œufs des strongles. Les nématodes (5 espèces) avec des concentrations moyennes d’œufs/l respectives *Ascaris sp.* 38,33 œufs /l ( $\pm 21,30$ ), *Trichuris sp.* 31,83 œufs /l ( $\pm 18,03$ ), *Enterobius vermicularis* 23,83 œufs /l ( $\pm 10,53$ ), *Ankylostoma sp* 18,5 œufs /l ( $\pm 4,59$ ) et *Nematodirus sp.* 24,5 œufs /l ( $\pm 9,13$ ), les cestodes avec comme concentration moyenne des œufs nous avons détecté 23 œufs /l ( $\pm 7,61$ ) pour *Hymenolepis nana*. 25,83 œufs /l ( $\pm 9,13$ ) *Moniezia expansa* et 21,33 œufs /l ( $\pm 10,07$ ) pour *Taenia sp.* Une concentration très faible d’œufs de trématodes représentée par une seule espèce *Fasciola hepatica* 3,16 œufs /l ( $\pm 1,83$ ). Pour les œufs de strongles, on note une concentration moyenne en 34,5 œufs /l ( $\pm 10,54$ ).



**Figure 5 :** Concentration moyenne des œufs d'helminthes parasites dans les eaux usées de la ville de Biskra Site II (Oued Z'mour) \*P<0.05; \*\*P<0.01

Les eaux usées de ville de Biskra (oued Z'mour) renferment une concentration assez importante d'échantillons positifs d'œufs d'helminthe représentés par les Nématodes, Cestodes, Trématodes et les œufs des strongles. Nématodes (5especes) avec des concentrations moyennes d'œufs/l respectives *Ascaris* sp. 29,16 œufs /l (±17,58), *Trichuris* sp. 24,16 œufs /l (±13,40), *Enterobius vermicularis* 22,16œufs /l (±11,83), *Ankylostomasp*16,66œufs /l (±4,32) et *Nematodirus* sp.19.16 œufs /l (9,17±), les Cestodes avec comme concentration moyenne des œufs nous avons détecter 19,66œufs /l (±5,00) pour *Hymenolepis nana*. 23,16œufs /l (±12,65) *Moniezia expansa* et 20 œufs /l (±8,55) pour *Taenia* sp., une concentration très faible d'œufs de trématode représenter par une seule espèce *Fasiola hepética* 3,16œufs /l (±1,72). Pour les œufs de Strongles, on note une concentration moyenne en 27,83œufs /l (±8,03).

Les variations des concentrations moyennes d'œufs d'helminthes dans les eaux usées de Biskra (Site I : Oued Biskra et Site II : Oued Z'mor) sont représentées ci-dessous :

Le test statistique ANOVA des concentrations moyennes d'œufs d'helminthes a montré que la différence entre les deux périodes d'échantillonnage (froide et chaude) était significative pour les deux sites (P <0,05), sauf pour les trématodes (figures 2 et figure 3).

Le test statistique ANOVA pour les concentrations moyennes d'œufs d'helminthes dans les eaux usées des deux sites montre ce qui suit (Figures 4 et figure 5) :

- Pour Nematoda: Oued Biskra et Oued Z'mour : la différence n'est pas significative avec  $p < 0,05$ .
- Pour Cestoda : Oued Biskra et Oued Z'mour : la différence n'est pas significative avec  $p < 0,05$ .
- Pour Strongyloides : Oued Biskra et Oued Z'mour : la différence est significative avec  $p < 0,05$ .
- Pour Trematoda: Oued Biskra et Oued Z'mour: la différence n'est pas significative avec  $p < 0,05$

#### IV.4. Discussion

Les analyses parasitologiques des échantillons des eaux usées des deux sites de rejets de la ville de Biskra (Oued Biskra et oued Z'mour) ont mis en évidence des concentrations très variées. Ces données dévoilent une pollution fécale véhiculée par ces effluents bruts. En outre, les résultats de notre étude sont en accord avec ceux obtenus par Belghyti *et al.*, 1994 Nsom-Zamo *et al.*, 2003 ; El Guamri et Belghyti, 2006 ; Raweh *et al.* 2010 ; Derradji, 2015 ; Mbouombouo *et al.*, 2020). Les eaux usées de la ville de Biskra sont faiblement chargées (18,47 œufs/L), par rapport aux eaux usées de certains pays d'Amérique Latine, comme le Brésil, avec 1490 œufs/l (Mara et Sleigh , 2010), ainsi que certaines villes africaines comme Dakar, au Sénégal, avec 180 œufs/l,(Akpo *et al.*, 2013) mais elles sont très chargées par rapport aux eaux usées de certaines villes européennes, comme Nancy en France avec 8 œufs/l (Levantesi *et al.*, 2010).

L'analyse qualitative a permis de recenser trois groupes d'helminthes dans les échantillons d'eaux usées: les Nématodes, les Cestodes et les Trématodes, avec une nette prédominance des Nématodes par rapport aux deux autres groupes. La prédominance des œufs de Nématodes est également mise en évidence dans d'autres travaux réalisés en Tunisie (Ayed *et al.*, 2009), au Sénégal (Akpo *et al.*, 2013) et au Maroc (Taha *et al.*, 2019).

Elle est liée notamment au mode de vie de la population en question, dont les habitudes culinaires (consommation de la viande) ne favorisent pas la transmission des Cestodoses, alors que les œufs de la classe des Nématodes intestinaux sont plus résistants, que ceux des Cestodes, dans les eaux usées. Cette prédominance a été signalée par certains auteurs au Maroc (El Guamri et Belghyti, 2006 ; Taha *et al.*, 2019).

Les helminthes parasites détectés sont représentés essentiellement par *Ascaris sp.*, *Trichuris sp.*, *Enterobiusvermicularis*, *Nematodirus*sp., *Ankylostomasp.*, les Strongles (*Strongyloides sp.*), *Taeniasp.*, *Hymenolepis nana*, *Moniezia sp* et *Fasciolahepatica.*, avec une prédominance des œufs d'*Ascaris sp.*(Figure 4 et 5).

Cette diversité parasitaire rapportée par d'autres auteurs montre que les sources de contamination sont d'origines humaine et animale (Morand et Lajaunie, 2017 ; El Fels *et al.*, 2019).

Cette étude a également mis en évidence les variations saisonnières des œufs d'helminthes dans les deux sites de rejet de la ville de Biskra (figure 37 et 38). Cette variation se traduit par des teneurs élevées pour les œufs de Nématodes et les œufs de Cestodes, pendant la période chaude et des teneurs faibles en période froide. Par contre, on note des teneurs très élevées d'œufs de Strongles pendant la période froide et des faibles teneurs pendant la période chaude. Ces observations concordent avec les travaux de (Taha *et al.*, 2019) à Meknès (Maroc). Selon El Fels *et al.*, (2019), cette différence de concentration entre ces deux périodes est due à l'augmentation de la prévalence parasitaire des verminoses au Printemps. Alors que l'OMS. (2013), a signalé que cette abondance d'œufs d'helminthes en période chaude est due aux conditions de température, d'humidité, d'oxygène et de rayonnement solaire favorables à la maturation de ces helminthes parasites. Les œufs de Strongles sont plus abondants dans les échantillons d'eaux usées de la période froide. C'est dû essentiellement aux Strongyloses digestives qui ont un caractère saisonnier et les infestations se font en particulier en période de pluies en raison de la grande sensibilité des larves infestantes des strongles à la dessiccation (Buonfrate *et al.*, 2018). Alors que pour les Trématodes, on constate une charge très faible à nul dans les deux saisons. Cela est dû à sa répartition géographique (milieu ambiant), c'est-à-dire localisée au nord Est de l'Algérie (Mekroud, 2004).

Les concentrations moyennes des œufs des helminthes rencontrées dans les eaux usées de la ville de Biskra varient selon les sites de rejet prospectés. La comparaison des résultats d'analyses parasitologiques des différents rejets d'eaux usées de la ville de Biskra nous ont permis de constater que Oued Biskra présente la charge la plus élevée avec 23,19 œufs/L pour les Nématodes, 18,72 œufs/L pour les Cestodes et 0,66 œuf/L pour les Trématodes, alors que pour Oued Z'mor, nous avons 20,86 œufs/L pour les Nématodes, 11,11 œufs/L pour les Cestodes et 0,5 œufs/L pour les Trématodes. Cette différence de teneur peut s'expliquer par le fait que le rejet d'Oued Biskra draine plus de 60% des eaux usées rejetées par la ville. Par conséquent, la densité d'habitants raccordés au collecteur de rejet d'Oued Biskra est plus élevée que celle des habitants raccordés au collecteur de rejet de Oued Z'mor, d'après les données démographiques et socio-économiques fournies par l'ANAT (2015). (Voir Tableau 13, chapitre 2). Des œufs de strongles digestifs ont été également observés dans les deux échantillons analysés des deux sites de rejet. Leur présence dépend dans une large mesure du rejet de l'abattoir municipal et du style de vie de certaines populations vivant de l'élevage de

caprins, bovins et ovins. De ce fait, les eaux usées résultantes sont très concentrées en œufs d'helminthes.

D'après les données démographiques et socio-économiques de la ville de Biskra, fournies par ANAT (2015), la population des quartiers drainés par le collecteur d'Oued Biskra et Oued Z'mor a des profils socio-économiques généralement très bas à moyens, avec une légère population avec un profil élevé. On signale aussi la différence au niveau du type d'habitation, le nombre de logement, la densité des logements (log/ha) et la densité démographique (hab/ha) pour l'ensemble des quartiers drainés par ces deux collecteurs urbains de rejet d'Oued Biskra et Oued Z'mour (Tableau 13 chapitre 2).

Statistiquement, la différence de concentration en œufs d'helminthes n'est pas significative ( $P < 0,05$ ) pour les œufs de Nématodes, les œufs de Cestodes, les œufs de Trématodes entre les deux sites de rejet (Oued Biskra et Oued Z'mour). Pour les œufs de Strongles, la différence est statistiquement significative avec ( $P < 0,005$ ) entre les deux sites de rejet (Oued Biskra et Oued Z'mour). Il apparaît par conséquent clair que l'abondance de cette charge parasitaire dans les eaux usées des deux collecteurs (Oued Biskra et Oued Z'mour) prend son origine dans les différences de statut démographique et socio-économique des populations raccordées à chaque collecteur prospecté. Ce constat a également été signalé dans de nombreuses études réalisées dans le monde (Jimenez *et al.*, 2002 ; Üner *et al.*, 1991. Dssouli, 2002 ; Vavisoa, 2018). Une étude réalisée à Yaoundé (Cameroun) a montré que l'assainissement liquide a une influence sur les niveaux socio-sanitaires et environnementaux en zone d'habitat planifié (Wethe *et al.*, 2003).

#### **IV.5. Conclusion**

Au terme de notre étude basée sur l'analyse parasitologique des eaux usées des principaux sites de rejets de la ville de Biskra, nous sommes parvenus aux conclusions suivantes :

Une grande différence dans la diversité des œufs d'helminthes parasites identifiées, ou l'abondance dans la charge des Nématodes est élevée par rapport au Cestodes et les Trématodes qui sont rarissimes dans les deux principaux sites des rejets, cela est lié au mode de vie de la population et les habitudes culinaires.

La concentration des œufs d'helminthes varie en fonction des saisons et elle prend son origine des populations raccordées à chaque émissaire drainé dans les deux sites.

Les concentrations en œufs d'helminthes parasites rencontrées dans les échantillons d'eaux usées de la ville de Biskra dépassent largement les normes recommandées par l'organisation mondiale de la santé et les normes algériennes pour les eaux destinées à l'irrigation des cultures ( $\leq 1$  œuf viable de Nématode par litre). Ceci représente un risque sanitaire énorme en

cas d'une réutilisation sans traitement préalable. C'est le cas de périmètre péri-urbain d'oued Biskra et oued z'mour, où la pratique de la réutilisation sans la moindre précaution de ces eaux usées brutes en agriculture a été observée.

**CHAPITRE V :**  
**CHARGE PARASITAIRE EN ŒUFS**  
**D'HELMINTHES AU NIVEAU DE**  
**QUELQUES CULTURES**  
**MARAICHERES**

## V.1. Introduction

Dans les pays où les ressources en eau sont très limitées, la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation des cultures présente une alternative de choix (Shuval et *al.*, 1986 ; Taha et *al.*, 2019). Dans certaines villes algériennes, surtout dans les régions arides, où les précipitations sont rares, cette pratique est courante, cependant, cette réutilisation peut présenter des risques sanitaires à la fois pour les populations humaines et animales (Shuval et *al.*, 1984 ; Wen, Xie et *al.*, 2017). Ce risque est attribué à la présence dans les eaux usées d'un grand nombre d'agents pathogènes tels que les virus, bactéries, protozoaires et helminthes (Lalami et *al.*, 2014). L'OMS, (2013) 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 dose infectante faible et leur longue survie dans l'environnement. L'aspect parasitologique des eaux usées doit faire l'objet d'une attention particulière avant tout projet de réutilisation des eaux usées en agriculture (El halaouani, 1995 ; Tsama et *al.*, 2010) à Biskra, les eaux usées sont réutilisées dans leur totalité en agriculture, sans aucun traitement préalable. Ces eaux sont utilisées pour l'irrigation de diverses cultures y compris les cultures maraîchères ou cultures à risque.

L'objectif de cette étude est d'évaluer le degré de contamination en œufs d'helminthes de quelques cultures (céleri, carotte et épinard).

## V.2. Matériels et méthodes

**V.2.1. Cadre d'étude :** Le champ est situé près d'oued Biskra en face du marché de gros de la ville de Biskra où les cultures maraichères sont irriguées par des eaux usées brutes sans traitement préalable (figure 2) (rejet d'oued Biskra qui prend sa source au point de confluence d'Oued EL HAI et Djamoura, il est alimenté à l'amont par plusieurs oueds entre autres Oued Branis, Oued Lefrahi, Oued El Besbas et Oued Lakhdar. C'est le site le plus important caractérisé par des conduites d'un diamètre de  $\Phi=1500\text{mm}$  et une pente de  $I=2.5\%$ , collectant les rejets de la zone Nord et le Centre de la ville ( $34^{\circ} 49' 9.43''$  N.,  $5^{\circ} 44' 59.60''$  E). La longueur de champ est 1220 m et la largeur 250 m, la superficie est de l'ordre de 30,5 ha. Le champ est presque situé en bordure Sud-Est de la ville de Biskra (figure.1).

### V.2.2. Echantillonnage des cultures maraîchères irriguées par les eaux usées brutes d'oued Biskra

Les échantillons ont été prélevés d'une façon aléatoire pendant le mois d'Avril 2016 parce que la consommation des légumes à analyser (*Apium graveolens*, *Spinacia oleracea* et *Daucus carota*.) (Annexe 01, 02, 03) augmente pendant les mois chauds. Les cultures prélevées ont été mises dans un sac numéroté pour chaque espèce puis transporté Au laboratoire

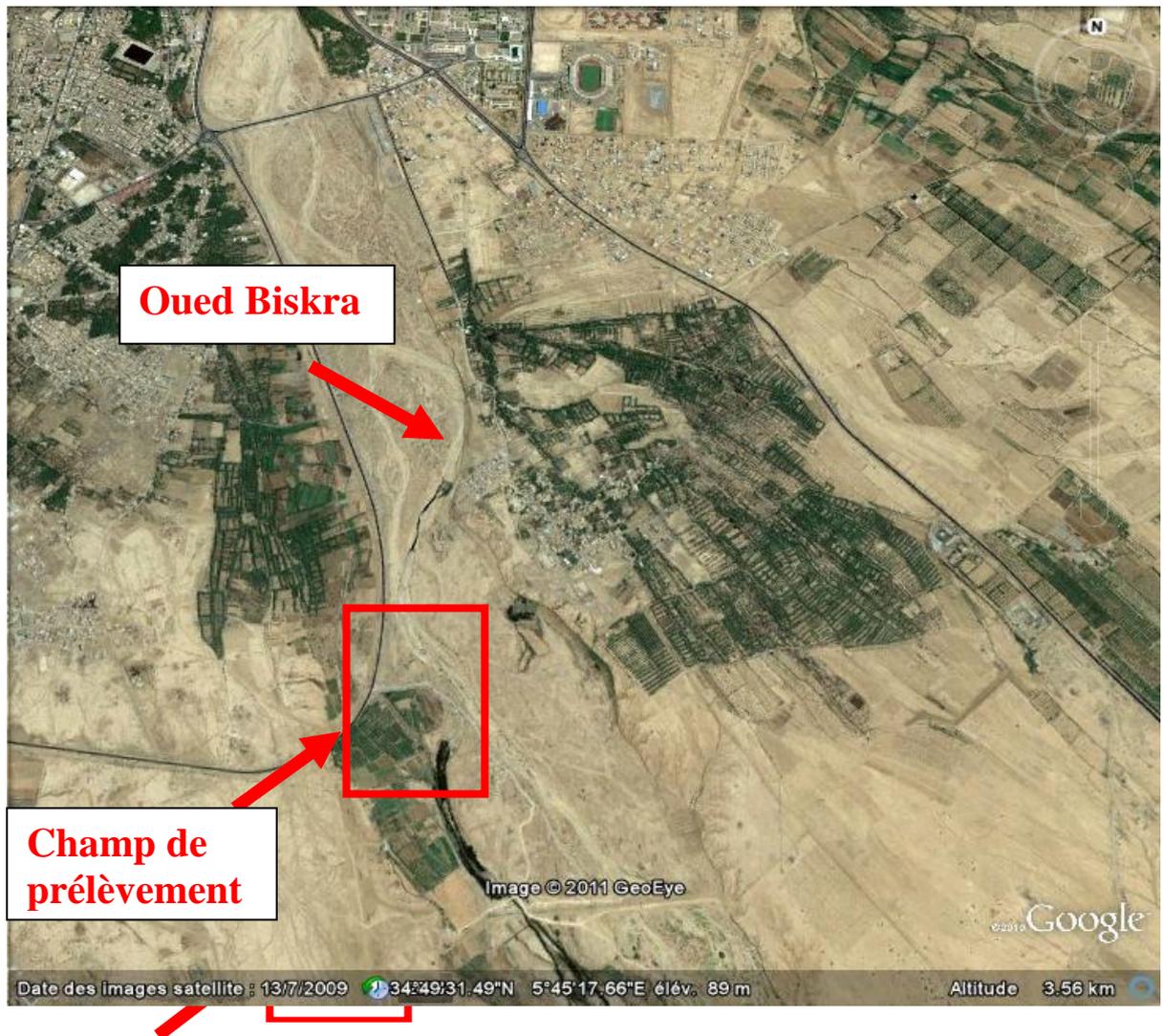


Figure 1 : Situation de la station d'étude



Figure 2 : Techniques utilisées par les agriculteurs

### **V.2.3. Méthodes d'analyses parasitologiques des cultures maraichères irriguées par les eaux usées d'Oued Biskra (la ville de Biskra)**

L'analyse parasitologique des cultures maraichères irriguées par les eaux usées d'Oued Biskra : Le Céleri (*Apium graveolens*), l'Épinard (*Spinacia oleracea*) et la carotte (*Daucus carota*) est représentée dans les paragraphes ci-dessous en n'utilisant que les parties comestibles pour les analyses.

#### **V.2.3.1. Méthodes d'analyses de la culture de la Céleri (*Apium graveolens*) et de l'Épinard (*Spinacia oleracea*)**

Une quantité de 20 grammes de feuilles de Céleri et d'épinard, chacune a été lavée abondamment à l'eau du robinet, l'eau de lavage est ensuite tamisée, puis laissée à décanter. Après élimination du surnageant, le résidu de chaque légume est soumis à une centrifugation à 2200g pendant 15 minutes. Le culot ainsi obtenu est soumis en présence d'un liquide d'enrichissement (saccharose) selon la technique d'Arther *et al.* (1981).

#### **V.2.3.2. Méthode d'analyse de la culture de la carotte (*Daucus carota*)**

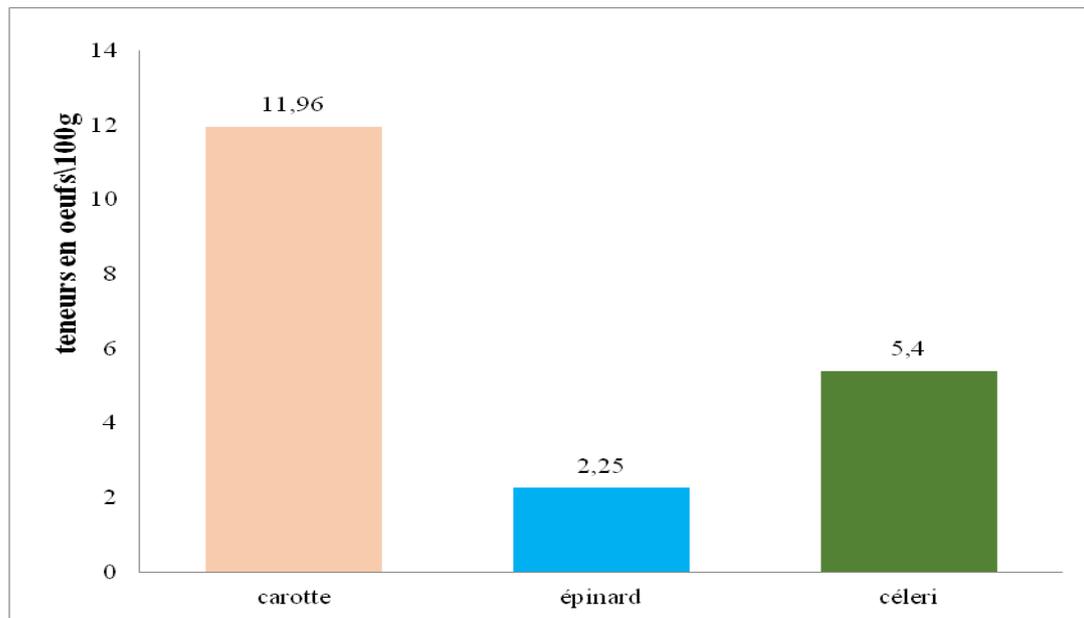
Les tubercules de la carotte ont été débarrassés du sol, pesés, puis soumis à un traitement mécanique par lavage et brossage à l'eau distillée. La suspension ainsi obtenue est centrifugée à une vitesse de rotation de 1600 g pendant 5 minutes. Le surnageant est éliminé et le culot obtenu est soumis en présence d'un liquide d'enrichissement (saccharose) selon la technique d'Arther *et al.* (1981).

### **V.3. Résultats**

Des graphes ont été réalisés pour mieux visualiser les résultats et de pouvoir les commenter aisément.

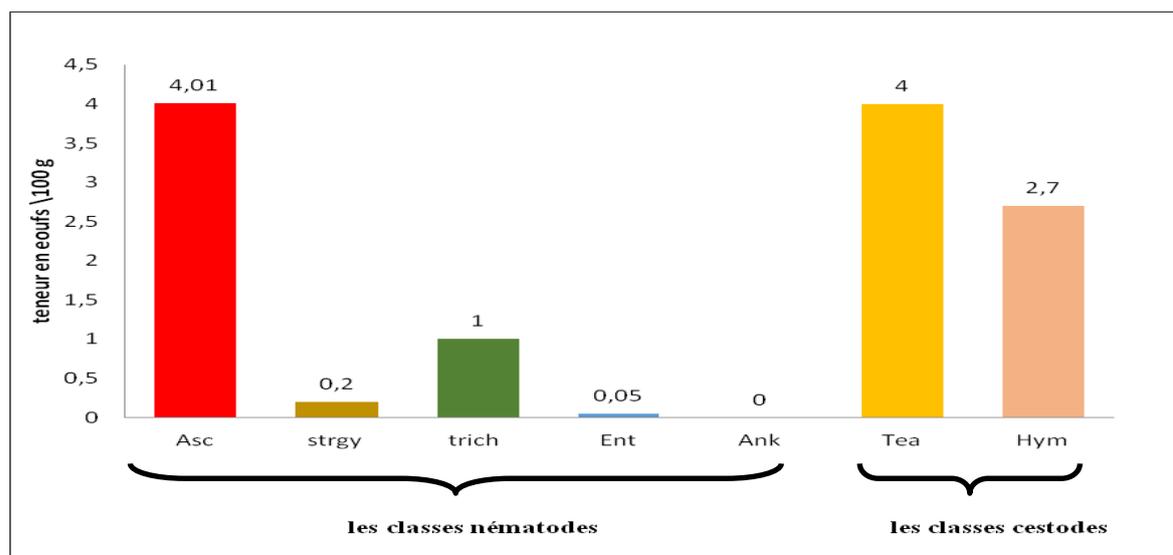
#### **V.3.1. Charge parasitaire des cultures maraîchères irriguée par les eaux usées brute de rejets (Oued Biskra).**

La charge parasitaire en œufs d'helminthes de la ville de Biskra est répartie en deux principales classes, les nématodes et les cestodes, Pour les nématodes sont représentés principalement par *Ascaris sp*, les *Strongyloides sp*, *Entrobilus sp*, et *Ankylostoma sp* et les cestodes par ; *Teania sp* et *Hymenolepissp*.



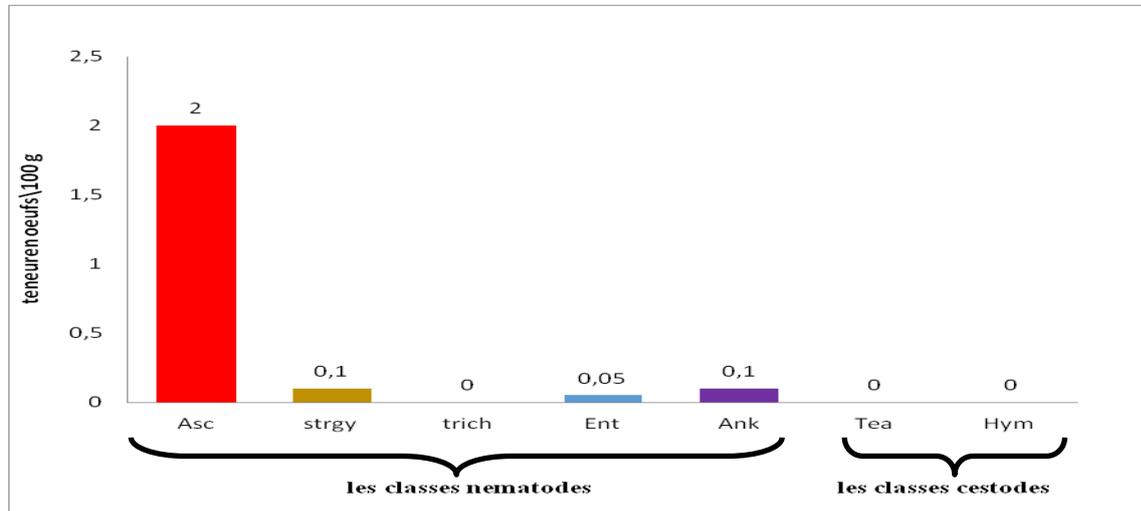
**Figure 3 :** Teneurs en œufs d'helminthes (œufs\100) au niveau des cultures maraichères irriguées par les eaux usées brutes.

D'après l'histogramme ci-dessus nous constatons que la teneur moyenne en œufs d'helminthes des cultures maraîchères étudiées, irriguées par les eaux usées de Oued Biskra sont 11.96 œufs \100grammes au niveau de carotte, 5.4œufs\100 grammes sur le céleri et 2.25 œufs \100 grammes au niveau de l'épinard.



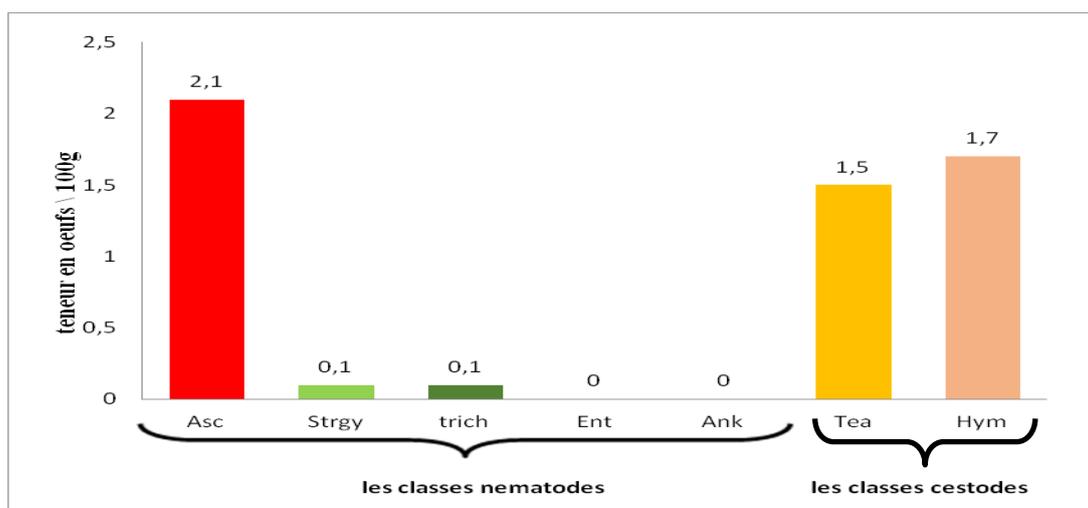
**Figure 4 :** Représentation des œufs helminthes identifiés sur la culture de carotte irriguée par les eaux usées brutes.

D'après l'histogramme la teneur moyenne des œufs d'helminthes rencontrés au niveau des carottes appartient aux classes des nématodes : *Ascaris sp* 4.01 œufs /100g, *Strongyloides sp* avec 0.2 œufs /100g, *Trichuris sp* avec 1 œufs /100 g, *Enterobius sp* avec 0.05 et la classes des cestodes : *Tania sp* avec 4 œufs /100g, *Hymenolepis sp* avec 2.7 œufs /100g.



**Figure 5 :** Représentation des œufs helminthes identifiés sur la culture de l'épinard irrigué par les eaux usées brutes.

D'après l'histogramme nous constatons que la charge parasitaire ; les œufs d'helminthes (nématodes) identifiés sur l'Épinard est *Ascaris sp* avec 2.00 œufs /100g, *Strongyloides sp* 0.1œufs /100g, *Enterobius sp* avec 0.05 œufs /100g, *Ankylostoma sp* avec 0.1 œufs /100g.



**Figure 6 :** Représentation des œufs helminthes identifiés sur la culture de céleri irrigué par les eaux usées brutes

D'après l'histogramme ci-dessus Les espèces identifiées au niveau de céleri sont *Ascaris.sp* avec 2.1 œufs \100g, *Strongyloides sp* avec 0.1 œufs \100g, *Trichuris sp* avec 0.1 œufs/100g et *Tenia sp* avec 1.5 œufs \100g *Hymenolepis sp* avec 1.7 œufs \100g.

#### V.4.Discussion

Les charges parasitaires en œufs d'helminthes des différentes cultures maraîchères ; le céleri, l'épinard et la carotte, sont fortement tributaires du niveau de contamination de l'eau d'irrigation. Ainsi, la carotte présente la teneur la plus élevée avec 11.96 œufs/litre, suivie du céleri avec 5.4 œufs/litre et enfin l'épinard avec 2.25 œufs/litre. La comparaison des teneurs en œufs d'helminthes de ces trois cultures montre que l'épinard présente les charges les plus basses, suivi de céleri. Par contre, la carotte présente la teneur la plus élevée et ceci s'explique par le fait qu'au niveau de la culture de carotte, l'organe comestible du végétal correspond à la partie souterraine du végétal ou tubercule. Les teneurs élevées enregistrées au niveau des tubercules sont dues principalement au microclimat qui règne au niveau de la partie souterraine, ce qui met les œufs d'helminthes à l'abri des rayonnements solaires et de la dessiccation par températures élevées. Par ailleurs, au niveau des tubercules l'humidité du sol est suffisante pour maintenir les œufs d'helminthes en survie (Tsafack et *al.*, 2019) rapportent que les sols humides, les températures basses, le rayonnement solaire faible et une teneur élevée en matière organique augmentent la persistance des œufs d'helminthes. Ces conditions sont donc réunies au niveau des tubercules de carotte. Par ailleurs, d'autres auteurs ont rapporté que la partie souterraine du végétal est la plus contaminée en œufs d'helminthes, car elle est toujours en contact direct avec les eaux usées brutes au cours des cycles d'irrigation (Firadi, 1996 ; El hamouri, 1996 ; Dssouli et *al.*, 2006 ; Al Manasfi, 2020).

Au niveau de la culture de l'épinard et de céleri, on a enregistré que les teneurs en helminthes dans le céleri est plus importante par rapport à l'épinard. En effet tous le développement du céleri et l'épinard se fait au ras du sol et par conséquent les feuilles sont directement en contact avec les eaux usées brutes à chaque irrigation. En plus, la morphologie de céleri et l'épinard, les feuilles imbriquées les unes sur les autres protègent les œufs d'helminthes contre les conditions défavorables à leurs survies et à leur persistance, tels que l'ensoleillement, la dessiccation, le vent (Dssouli et *al.*, 2006 ; Bouzou et *al.*, 2018).

**V.5. Conclusion**

Au terme de notre étude, basée sur l'analyse parasitologique de quelques cultures maraîchères irriguées par les eaux usées de la ville de Biskra, nous sommes parvenus aux conclusions suivantes :

Les charges parasitaires en œufs d'helminthes des différentes cultures maraîchères le céleri, l'épinard et la carotte sont fortement tributaires du niveau de contamination de l'eau d'irrigation. Ainsi, la carotte présente la teneur la plus élevée avec 11.96 œufs/litre, suivie du céleri avec 5.4 œufs/litre et enfin l'épinard avec 2.25 œufs/litre.

La comparaison des teneurs en œufs d'helminthes de ces trois cultures montre que l'épinard présente les charges les plus basses, suivie de céleri par contre la carotte présente la teneur la plus élevée.

Selon l'Organisation mondiale de la santé et les normes algérienne pour les eaux destinées à l'irrigation des cultures représente un risque sanitaire énorme en cas de réutilisation sans traitement préalable. C'est le cas du périmètre péri-urbain d'Oued Biskra, où la pratique de la réutilisation, sans la moindre précaution, de ces eaux usées brutes en agriculture a été observée.

D'après les résultats de cette étude, la culture de la carotte, à cause de sa forte charge en œufs d'helminthes et de sa consommation crue par l'homme, est susceptible d'être vecteur d'un grand nombre de maladies parasitaires. De ce fait, le traitement des eaux usées et la restriction des cultures demeurerait une obligation avant toute réutilisation en agriculture sans risque sanitaire pour l'homme et le cheptel.

# **CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES**

## Conclusion Générale

Au terme de notre étude, basée sur l'analyse physico-chimique, bactériologique et parasitologique des eaux usées des principaux sites de rejet de la ville de Biskra, nous sommes parvenus aux conclusions suivantes :

Les eaux usées de la ville de Biskra présentent des valeurs des paramètres physico-chimiques majeurs de pollution inférieure aux valeurs limites générales des rejets directs (50mg/l) et indirects (600mg/l) dans le milieu récepteur, malgré ces faibles concentrations ces eaux présentent un risque de pollution environnementale en favorisant l'accroissement des micro-organismes. En effet, les résultats des paramètres physico-chimie des eaux usées de la ville de Biskra des deux sites de rejets site I oued Biskra et site II oued Z'mour nous ont permis de dégager un ensemble de renseignements au niveau de sa qualité tant que rejet direct dans le milieu récepteur. Les paramètres tels que (T, pH, O<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>...) ont révélé des valeurs inférieures à la norme algérienne. En revanche nous avons remarqué des concentrations importantes de (DCO, DBO<sub>5</sub>, MES, NH<sub>4</sub>, CE Orthophosphate) qui sont supérieures à la norme algérienne. Au terme de l'évaluation de degré de pollution organique, on peut constater que l'ensemble des paramètres étudiés (en particulier la DBO<sub>5</sub>, la DCO) classent les eaux usées des deux sites dans la tranche de concentration faible à moyenne.

Les analyses bactériologiques des eaux usées effectuées au cours de notre étude confirment une contamination fécale à cause de la présence de coliformes fécaux, streptocoques fécaux et *Clostridium sulfite-réducteur*. Avec des valeurs très élevées et dépassent largement les directives de l'OMS.

Une grande différence dans la diversité des œufs d'helminthes parasites identifiés, où l'abondance dans la charge des Nématodes est élevée, par rapport aux Cestodes et les Trématodes qui sont rarissimes dans les deux principaux sites de rejet. Cela est lié au mode de vie de la population et aux habitudes culinaires.

La concentration des œufs d'helminthes varie en fonction des saisons et elle dépend des populations raccordées à chaque émissaire de drainage dans les deux sites.

Les concentrations en œufs d'helminthes parasites rencontrés dans les échantillons d'eaux usées de la ville de Biskra dépassent largement les normes recommandées par l'organisation mondiale de la santé (OMS)

Les charges parasitaires en œufs d'helminthes des différentes cultures maraîchères le céleri, l'épinard et la carotte sont fortement tributaires du niveau de contamination de l'eau d'irrigation. Ainsi, la carotte présente la teneur la plus élevée avec 11.96 œufs/litre, suivie du

céleri avec 5.4 œufs/litre et enfin l'épinard avec 2.25 œufs/l. La comparaison des teneurs en œufs d'helminthes de ces trois cultures montre que l'épinard présente les charges les plus basses, suivi de céleri par contre la carotte présente la teneur la plus élevée.

Selon l'Organisation mondiale de la santé et les normes algériennes pour les eaux destinées à l'irrigation des cultures représente un risque sanitaire énorme en cas de réutilisation sans traitement préalable. C'est le cas du périmètre périurbain de Oued Biskra et Oued Z'mor, où la pratique de la réutilisation, sans la moindre précaution, de ces eaux usées brutes en agriculture a été observée.

### **Perspectives**

Afin d'éliminer les risques écologiques et sanitaires engendrés par le rejet des eaux usées à l'état brut dans les milieux récepteurs, il est nécessaire :

- D'entreprendre un traitement préalable de ces eaux usées et qu'un traitement biologique devrait être envisagé pour améliorer leur qualité selon les normes requises et répondre aux attentes des pouvoirs publics en matière de protection de l'environnement et de la santé humaine, avec la construction d'une station d'épuration.
- Détourner les collecteurs d'eaux usées et les sites de rejet des terres agricoles pour réduire les risques de contamination des sols et produire ainsi des produits agricoles sains
- Surveiller périodiquement la qualité de l'eau pour prévenir les événements de forte contamination des hydrosystèmes recevant de l'eau polluée. Dans des conditions de pénurie d'eau dans les zones arides, une politique de gestion judicieuse de l'eau doit promouvoir l'augmentation de la production agricole avec moins d'eau. Ceci peut être réalisé grâce à la rationalisation de l'irrigation et de l'utilisation de l'eau potable et à l'amélioration des systèmes d'irrigation avec des techniques de pointe d'économie d'eau.

La réutilisation des eaux usées traitées de manière adéquate dans l'irrigation agricole est une pratique de promotion pour économiser les ressources naturelles en eau pour d'autres utilisations saines. Étant donné que l'agriculture aride est souvent associée à la dégradation des terres et la salinisation des sols, les biosolides produits par les usines de traitement des eaux usées sont indiqués pour augmenter la fertilité des sols avec de la

matière organique, améliorer plusieurs propriétés du sol et également atténuer les effets négatifs de la salinité du sol et des stress hydriques sur les plantes cultivées.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

Abouelouafa, M., H. El Halouani, M. Kharboua and A. Berrichi (2002). Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda: canal principal et Oued Bounaïm. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 22 (3): 15-143.

Adjagodo, A., D. Agassounon, N. Kelomè, E. Vissin and E. Agbossou (2017). Pollution physique et bactériologique de l'eau du fleuve dans la basse vallée de l'Ouémé pendant les périodes de basses et hautes eaux au Bénin. *European Scientific Journal* 13 (33): 1857-7881.

Akpo, Y., G. Sawadogo and R. Degnon (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.

Al Manasfi, R. (2020). Uptake of organic micropollutants by vegetable crops irrigated by reclaimed wastewater: Analytical developments to conduct field studies. Montpellier. France.

Ali, E. M. and H. M. Khairy (2016). Environmental assessment of drainage water impacts on water quality and eutrophication level of Lake Idku, Egypt. *Environmental pollution* 216: 437-449.

Agence nationale l'aménagement du territoire (2002). Schéma directeur des ressources en eau (Wilaya de Biskra), Phase préliminaire :100.

Agence nationale l'aménagement du territoire (2015). Schéma directeur des ressources en eau (wilaya de Biskra), Dossier pollution des eaux :100.

Agence nationale de la recherche hydraulique (2015). Dossier ressource en eau Algeria :120.

Attoui, B., N. Toumi, S. Messaoudi and S. Benrabah (2016). Degradation of water quality: the case of plain west of Annaba (northeast Algeria). *Journal of Water and Land Development*: 3-10.

Bagnouls, F. (1953). Saison sèche et indice xéothermique. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse* 88: 193-239.

Bartram, J. and R. Ballance (1996). Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. CRC Press.

Baumont, S., J.-P. Camard, A. Lefranc and A. Franconi (2014). Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en île-de-france. ORS Ile-de-France. France

Belabed, B.-E., A. Meddour, B. Samraoui and H. Chenchouni (2017). Modeling seasonal and spatial contamination of surface waters and upper sediments with trace metal elements across industrialized urban areas of the Seybouse watershed in North Africa. *Environmental Monitoring and Assessment* 189 (6): 1-19.

Belghyti, D., Y. El Guamri, G. Ztit, M. Ouahidi, M. Joti, A. Harchrass, H. Amghar, O. Bouchouata, K. El Kharrim and H. Bounouira (2009). Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en œuvre d'un traitement adéquat: cas de Kénitra au Maroc. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie* 5 (2): 199-216.

Belhouchet, N., B. Hamdi, H. Chenchouni and Y. Bessekhoud (2019). Photocatalytic degradation of tetracycline antibiotic using new calcite/titania nanocomposites. *Journal of Photochemistry and Photobiology A* 372: 196-205.

Benameur, N. (2018). Analyse des indicateurs de pollution biologique dans les rejets des eaux usées civiles de la ville de Biskra. Université Mohamed Khaider-Biskra. Algeria.

Benazia, A. and Z. Maiassi (2021). Contribution à la connaissance de la composition des eaux usées urbaines de la ville d'El Oued. Université Echahid Hamma Lakdhar-EL OUED. Algeria.

Benkaddour, B. (2018). Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie). Université de Perpignan. France.

Benouis, A., Z. Bekkouche and Z. Benmansour (2013). Etude épidémiologique des parasitoses intestinales humaines au niveau du CHU d'Oran (Algérie). *International Journal of Innovation and Applied Studies* 2 (4): 613-620.

Bou Saab, H., N. Nassif, A. El Samrani, R. Daoud, S. Medawar and N. Ouaini (2007). Survey of bacteriological surface water quality (Nahr Ibrahim river, Lebanon). *Revue des sciences de l'eau* 20 (2): 341-352.

Bouaroudj, S., A. Menad, A. Bounamous, H. Ali-Khodja, A. Gherib, D. E. Weigel and H. Chenchouni (2019). Assessment of water quality at the largest dam in Algeria (Beni Haroun Dam) and effects of irrigation on soil characteristics of agricultural lands. *Chemosphere* 219: 76-88.

Boudjabi, S., M. Kribaa and H. Chenchouni (2019). Sewage sludge fertilization alleviates drought stress and improves physiological adaptation and yield performances in Durum Wheat (*Triticum durum*): a double-edged sword. *Journal of King Saud University-Science* 31 (3): 336-344.

Bouzou, M. L., C. Rahmoune, R. Seridi and M. Houhamdi (2018). Valorisation et étude phytotoxicologique des eaux d'irrigation à partir des eaux usées, sur deux cultures (tomate industrielle et haricot vert). *Revue des Sciences et de la Technologie* 37: 64-77.

Buonfrate, D., A. Requena-Mendez, A. Angheben, M. Cinquini, M. Cruciani, A. Fittipaldo, G. Giorli, F. Gobbi, C. Piubelli and Z. Bisoffi (2018). Accuracy of molecular biology techniques for the diagnosis of *Strongyloides stercoralis* infection—a systematic review and meta-analysis. *PLoS neglected tropical diseases* 12 (2): 1-16.

Campos, C. (2008). New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse. *Desalination* 218 (1-3): 34-42.

Chabour, N. (2006). Hydrogéologie des domaines de transition entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne à l'Est de l'Algérie. Université Constantine 1. Algeria.

Chebbah, M. (2007). Lithostratigraphie, Sédimentologie et modèles les de Bassins des dépôts néogènes de la région de Biskra, de part et d'autre de l'accident Sud Atlasique (Ziban, Algérie). Université de Mentouri Constantine Algeria

Colin, N., A. Maceda-Veiga, N. Flor-Arnau, J. Mora, P. Fortuño, C. Vieira, N. Prat, J. Cambra and A. De Sostoa (2016). Ecological impact and recovery of a Mediterranean river after receiving the effluent from a textile dyeing industry. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 132: 295-303.

Derradji, M. (2014). Contribution à l'étude de la tolérance des plantes épuratrices dans l'épuration des eaux usées: stratégie et application. Université d'Annaba. Algeria.

Derwich, E., L. Benaabidate, A. Zian, O. Sadki and D. Belghity (2010). Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès. LARHYSS Journal (8): 101-112.

Djebaïli, S. (1970). Etude phyto-écologique des parcours de Tadmit. Bulletin de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord 61: 175-226.

Djeddi, H. (2007). Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Université Mentouri Constantine Algeria.

DSA (2015). Bilan de la campagne agricole Direction des Services Agricoles. Algeria ;100

Dssouli, K., M. Kharboua, K. Khallaayoune, B. Haloui and H. El Halouani (2001). Étude de la contamination parasitologique des cultures irriguées par les eaux usées dans le Maroc Oriental (Oujda). Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires 21 (4): 215-225.

Dubost, D. (1991). Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes. Tours. France.

El Fels, L., B. El Hayany, A. El Faiz, M. Saadani, M. Houari and M. Hafidi (2019). Sludge nematodes, cestodes, and trematodes eggs variation from lagooning, activated sludge and infiltration-percolation wastewater treatment system under semi-arid climate. Environmental Science and Pollution Research 26 (1): 570-576.

El Guamri, Y. and D. Belghyti (2006). Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de la commune urbaine de Saknia, rejetées dans le lac Fouarat (Kénitra, Maroc). Journal Africain des Sciences de l'environnement 1: 53-60.

Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. Service botanique. Montpellier, France

Fagrouch, A., S. Amyay, A. Berrahou, H. El Halouani and H. Abdelmoumen (2010). Performances d'abattement des germes pathogènes en lagunage naturel sous climat aride: cas de la filière de traitement des eaux usées de la ville de Taourirt. Afrique Science 6 (3): 87-102.

Farhi, Y. (2014). Structure et dynamique de l'avifaune des milieux steppiques présahariens et phoenicicoles des Ziban. Université de Mohamed Khider Biksra Algeria

Fellah, S., A. Khiari, M. Kribaa, A. Arar and H. Chenchouni (2018). Effect of water regime on growth performance of durum wheat (*Triticum Durum* Desf.) during different vegetative phases. *Irrigation and Drainage* 67 (5): 762-778.

Geissen, V., H. Mol, E. Klumpp, G. Umlauf, M. Nadal, M. Van der Ploeg, S. E. Van de Zee and C. J. Ritsema (2015). Emerging pollutants in the environment: a challenge for water resource management. *International soil and water conservation research* 3 (1): 57-65.

Gennaccaro, A. L., M. R. Mc Laughlin, W. Quintero-Betancourt, D. E. Huffman and J. B. Rose (2003). Infectious *Cryptosporidium parvum* oocysts in final reclaimed effluent. *Applied and Environmental Microbiology* 69 (8): 4983-4984.

Ghemmit-Doulache, N. and N. Ouslimani (2021). Water quality control of three sites at Keddarra Barrage. *Journal of Fundamental and Applied Sciences* 13 (2): 965-981.

Golvan, Y. J. (1969). Elements of medical parasitology. Flammarion Médecine-Sciences. Paris, France.

Goskov, H. (1964). Notice explicative de la carte hydrogéologique de Biskra. Algeria

Guergazi, S., D. Amimeur and S. Achour (2013). Elimination des substances humiques de deux eaux de surface algériennes par adsorption sur charbon actif et sur bentonite. *LARHYSS Journal* (13): 125-137.

Habib, R. and O. El Rhazi (2007). Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées.

Hamed, Y., R. Hadji, B. Redhaounia, K. Zighmi, F. Bâali and A. El Gayar (2018). Climate impact on surface and groundwater in North Africa: a global synthesis of findings and recommendations. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration* 3 (1): 1-15.

Hannachi, S. and M. Belkhairi (1994). Les Ziban : dynamique et diversité. Institut de formation supérieur en agronomie saharienne, Ouargla Algeria.

Hasanyar, M., N. Flipo, T. Romary, S. Wang and A. Yari (2020). Rôle de la matière organique dans le métabolisme des rivières à bas débit. France

Heitz, C., M. Pierrette and R. Barbier (2017). Les micropolluants d'origine domestique dans l'eau: enquête sur la représentation d'une nouvelle menace. *La revue électronique en sciences de l'environnement* 17 (3): 1-20.

Inoue, K., K. Shishida, S. Kawarai, S. Takeda, M. Minami and K. Taira (2022). Helminthes detected from wild sika deer (*Cervus nippon centralis*) in Kanto-Chubu region, Japan. *Parasitology International* 87: 102-485.

Ivanovsky, A. (2016). Ouvrages d'assainissement des eaux et qualité du milieu récepteur en zone urbaine: cas de rejets dans La Marque à Villeneuve d'Ascq. Université Lille1-Sciences et Technologies. France.

Jayaswal, K., V. Sahu and B. Gurjar (2018). Water pollution, human health and remediation. *Water remediation*. P. Ashok, K. Gautam, A. Ramesh, S. Michael and G. Edgard. Springer.11-27. India.

Jiménez, B., C. Maya, E. Sánchez, A. Romero, L. Lira and J. Barrios (2002). Comparison of the quantity and quality of the microbiological content of sludge in countries with low and high content of pathogens. *Water Science and Technology* 46 (10): 17-24.

Johnson, M. F. and R. L. Wilby (2015). Voir le paysage pour les arbres : métriques pour guider la gestion de l'ombrage riverain dans les bassins versants. *Recherche sur les ressources en eau* 51 (5): 3754-3769.

JORA (2006). Le Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427, correspondant au 19 avril 2006, définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. *Journal Officiel de la République Algérienne*. Algeria.

JORA (2009). Le Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427, correspondant au 19 avril 2006, définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. *Journal Officiel de la République Algérienne*. Algeria.

JORA (2012). Décret exécutif n° 09-209 du 17 Joumada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration. *Journal Officiel de la République Algérienne*. Algeria.

Keffala, C., C. Harerimana and J.-L. Vassel (2012). Œufs d'helminthes dans les eaux usées et les boues de station d'épuration: enjeux sanitaires et intérêt du traitement par lagunage. *Environnement, Risques & Santé* 11 (6): 511-520.

Keister, J. E., A. K. Winans and B. Herrmann (2020). Zooplankton community response to seasonal hypoxia: a test of three hypotheses. *Diversity* 12 (1): 21.

Khachai, S. (2001). Contribution à l'étude du comportement hydro physiques des soles des périmètres de ITDAS, plaine de l'Outaya. Institut d'agronomie de Batna. Algeria.

Konaté, Y., A. Maiga, D. Basset, C. Casellas and B. Picot (2013). Parasite removal by waste stabilisation pond in Burkina Faso, accumulation and inactivation in sludge. *Ecological engineering* 50: 101-106.

Kostyla, C., R. Bain, R. Cronk and J. Bartram (2015). Seasonal variation of fecal contamination in drinking water sources in developing countries: a systematic review. *Science of the Total Environment* 514: 333–343.

Kumar, D., A. Singh, R. K. Jha, B. B. Sahoo, S. K. Sahoo and V. Jha (2019). Source characterization and human health risk assessment of nitrate in groundwater of middle Gangetic Plain, India. *Arabian Journal of Geosciences* 12 (11): 1-12.

Lalami, A. E. O., A. Zanibou, K. Bekhti, F. Zerrouq and M. Merzouki (2014). Contrôle de la qualité microbiologique des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès au Maroc (Microbiological Control wastewater domestic and industrial city of Fes Morocco). *Journal of Materials and Environmental Science* 5: 2325-2332.

Larif, M., A. Soulaymani, M. Hnach and A. El Midaout (2013). Contamination spatio-temporelle d'origine hydrique de l'oued Boufekrane dans la région de Meknès-Tafilalt (Maroc). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7 (1): 172-184.

Leberre, M. (1989). Faune du Sahara-Mammifères tome-II. Rymond Chabaud-Lechvaller. France.

Lebres, E. and F. Mouffok (2008). Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Laboratoires bactériologiques alimentaires et des eaux. Institut of Pasteur of Algeria. Algeria.

Loucif, K., S. Neffar, T. Menasria, M. C. Maazi, M. Houhamdi and H. Chenchouni (2020). Physico-chemical and bacteriological quality assessment of surface water at Lake Tonga in Algeria. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 13: 100-284.

Lu, Y., S. Song, R. Wang, Z. Liu, J. Meng, A. J. Sweetman, A. Jenkins, R. C. Ferrier, H. Li and W. Luo (2015). Impacts of soil and water pollution on food safety and health risks in China. *Environment international* 77: 5-15.

Mamine, N., F. Khaldi and N. Grara (2020). Survey of the Physico-chemical and Parasitological Quality of the Wastewaters Used in Irrigation (Souk Ahras, North-East of Algeria). *Iranian (Iranica) Journal of Energy & Environment* 11 (1): 78-88.

Mara, D. and A. Sleigh (2010). Estimation of Ascaris infection risks in children under 15 from the consumption of wastewater-irrigated carrots. *Journal of Water and Health* 8 (1): 35-38.

Mateo-Sagasta, J., S. M. Zadeh and H. Turrall (2018). More people, more food, worse water: a global review of water pollution from agriculture. The Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sri Lanka.

Mbouombouo, M., G. Ajeegah, I. Tchakala, D. Enah, T. Kodom, Y. P. Hoekou and B. Gnon (2020). Biodynamique des œufs et larves d'helminthes dans les eaux de surface de Bamenda, Région du Nord-Ouest, Cameroun: impact sanitaire et influence des paramètres physico-chimiques. *Afrique Science* 16 (5): 55-68.

Mekroud, A., A. Benakhla, P. Vignoles, D. Rondelaud and G. Dreyfuss (2004). Preliminary studies on the prevalences of natural fasciolosis in cattle, sheep, and the host snail (*Galba truncatula*) in north-eastern Algeria. *Parasitology research* 92 (6): 502-505.

Mercoiret, L. (2020). Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités. Office national des eaux et des milieux aquatiques. France.

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. Université Mouloud Mammeri. Algeria

Mihi, A., N. Tarai and H. Chenchouni (2019). Can palm date plantations and oasisification be used as a proxy to fight sustainably against desertification and sand encroachment in hot drylands? *Ecological Indicators* 105: 365-375.

Muduli, P. R. and A. K. Pattnaik (2020). Spatio-temporal variation in physicochemical parameters of water in the Chilika Lagoon. *Wetlands: Ecology, Conservation and Management*. L. Cui, A. V. D. Anne, F. Siobhan et al. Springer. 203-229.

Mvouezolo, R. F. L., N. Ayessou, C. N. Loumpangou, M. Tchoumou, C. G. M. Diop and J.-M. Ouamba (2021). Vulnerability to Microbiological Pollution of Tap Water and Groundwater Consumed in the Southern Zone of the City of Brazzaville (Republic of the Congo). *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis* 9 (5): 1-152.

N'diaye, A. D., M. Kankou, B. Lo and K. Namr (2011). Caractérisation de la pollution bactériologique des effluents de la ville de Nouakchott, irrigués dans le périmètre maraîcher de Sebkh. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 5 (2): 748-754.

Ndrianirina, S., B. Razanamparany and G. Ramanantsizehena (2020). Évolution spatio-temporelle de la pollution des eaux cressonnières et des eaux usées domestiques dans la commune urbaine d'Antananarivo, Madagascar. *Afrique Science* 16 (2): 217-228.

Nehme, N. (2014). Évaluation de la qualité de l'eau du bassin inférieur de la rivière du Litani, Liban: approche environnementale. Université de Lorraine. France.

Nelliyat, P. (2016). Water pollution: extent, impact, and abatement. *Indian Water Policy at the Crossroads: Resources, Technology and Reforms*. N. Vishal and N. Annasamy. Springer. 131-151. India.

OMS (2013). Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères. Organisation mondiale de la santé.

Ouali, N., B.-E. Belabed and H. Chenchouni (2018). Modelling environment contamination with heavy metals in flathead grey mullet *Mugil cephalus* and upper sediments from north African coasts of the Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment* 639: 156-174.

Oustani, M., M. T. Halilat and H. Chenchouni (2015). Effect of poultry manure on the yield and nutrients uptake of potato under saline conditions of arid regions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*: 106-120.

Pandey, P. K., P. H. Kass, M. L. Soupir, S. Biswas and V. P. Singh (2014). Contamination of water resources by pathogenic bacteria. *Amb Express* 4 (1): 1-16.

Potelon, J.-L. and K. Zysman (1998). Guide des analyses de l'eau potable. La Lettre du Cadre Territorial. France.

Prescott, L. M., J. M. Willey, L. M. Sherwood and C. J. Woolverton (2018). *Microbiologie*. De Boeck Supérieur. USA.

Quézel, P. and S. Santa (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique. France.

Rabiet, M. (2006). Contamination de la ressource en eau par les eaux usées dans un bassin versant Méditerranéen-Apport des éléments majeurs, traces et terres rares. Université Montpellier. France.

Ramade, F. (2008). Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Dunod. France.

Raschid-Sally, L. and P. Jayakody (2009). Drivers and characteristics of wastewater agriculture in developing countries: Results from a global assessment. International Water Management Institute. Sri Lanka.

Raweh, S., K. El Kharaim, M. Cissé, Y. El Guamri, Y. Abchir and D. Belghyti (2010). Aspect parasitologique des eaux usées rejetées dans le bas Sebou (kénitra, maroc). World Journal of Biological Research 3 (1): 18-29.

Reyes-Alvarado, L. C. (2018). Optimization of the electron donor supply to sulphate reducing bioreactors treating inorganic wastewater. Delft university Netherlands

Rockström, J. and M. Falkenmark (2015). Agriculture: increase water harvesting in Africa. Nature 519 (7543): 283-285.

Rodier, J., B. Legube and N. Merlet (2016). L'analyse de l'eau-10e éd. Dunod. France

Romeyssa, M. and B. Bouhali (2021). Efficacité de traitement de la station d'épuration des eaux usées de Ferdjioua Ain Beida ahariech–Mila. Centre universitaire Abdalhafid Boussouf. Algeria.

Rouahna, H. (2007). Relation entre les nappes et la salinite dans les sols gypseux de la region de Ain Ben Noui. Biskra. Université El Hadj Lakhdar. Algeria.

Rouamba, J., E. Nikiema, S. Rouamba and F. De Charles Ouedraogo (2016). Accès à l'eau potable et risques sanitaires en zone périphérique de Ouagadougou, Burkina Faso. Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique 64: 211.

Sadek, S., K. Elkharrim, A. Khadmaoui, M. Guissouss, F. Benelharkati, M. Elmarkhi and B. Driss (2012). Caractérisation physico-chimique des eaux usées de l'hôpital provincial de Sidi Kacem (Maroc). ScienceLib 4: 1-8.

Salemkour, N., K. Chalabi, Y. Farhi and M. Belhamra (2012). Inventaire floristique de la région des Ziban. *Journal Algérien des Régions Arides* 9 (1): 3-16.

Saturday, A., T. J. Lyimo, J. Machiwa and S. Pamba (2021). Spatio-temporal variations in physicochemical water quality parameters of Lake Bunyonyi, Southwestern Uganda. *SN Applied Sciences* 3 (7): 1-14.

Shuval, H., A. Adin, B. Fattal, E. Rawitz and P. Yekutieli (1986). Integrated resource recovery. Wastewater irrigation in developing countries-health effects and technical solutions. The World Bank. USA.

Steele, M. and J. Odumeru (2004). Irrigation water as source of foodborne pathogens on fruit and vegetables. *Journal of food protection* 67 (12): 2839-2849.

Stien, J. and J. Schwartzbrod (1990). Experimental contamination of vegetables with helminth eggs. *Water Science and Technology* 22 (9): 51-57.

Sylla, I., M. Koffi, K. M. N'dri, K. Y. Bony, K. F. Konan, J. Niamien-Ebrottie and O. E. Edia (2019). Évaluation de la diversité et de la charge parasitaire des lacs de la ville de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 134 (1): 13630–13642.

Taha, I., A. Chahlaoui, A. Taouraout, R. Sammoudi, K. Ouarrak and A. Kharroubi (2019). Parasitic study of wastewater discharging in Boufekrane river at the collector of the Agdal district (Meknes, Morocco) inventory and monitoring. *Proceedings of the 4th International Conference on Smart City Applications*.

Tarai, N. (1991). Contribution à l'étude bioécologique des peuplements orthoptérologiques dans la région de Biskra et régime alimentaire de *Aiolopus thalassinus*. Institut national de l'agronomie El Harrach. Algeria.

Tessier, L. (2003). Transport et caractérisation des matières en suspension dans le bassin versant de la Seine: identification de signatures naturelles et anthropiques. Ecole des Ponts ParisTech. France

Thomas, D. (2004). Biologie cellulaire. Rapport de conjoncture : virus et parasites.

Tilahun, G. and G. Ahlgren (2010). Seasonal variations in phytoplankton biomass and primary production in the Ethiopian Rift Valley lakes Ziway, Awassa and Chamo—The basis for fish production. *Limnologia* 40 (4): 330-342.

Tsafack, H. N., E. Temgoua and T. Njine (2019). Persistence de E. coli, des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires contenus dans les eaux usées urbaines d'arrosage sur les cultures maraîchères à Dschang, Ouest-Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 13 (5): 81-90.

Tsama, V., A. C. Pial, G. T. Youmbi and A. Akoa (2010). Incidence de la charge en œufs d'helminthes contenue dans les boues de vidange sur la qualité parasitaire de quelques cultures maraîchères à Nomayos (Yaoundé-Cameroun). *Afrique Science* 6 (1): 106-115.

Umer, A., B. Assefa and J. Fito (2020). Spatial and seasonal variation of lake water quality: Beseka in the Rift Valley of Oromia region, Ethiopia. *International Journal of Energy and Water Resources* 4 (1): 47-54.

Vavisoa, A. (2018). Enjeux économiques de l'assainissement dans la lutte antipaludique en milieu urbain. Université d'Antananarivo Madagascar.

Vourc'h, G., F. Moutou, S. Morand and E. Jourdain (2021). Les zoonoses. Editions Quae. France.

Vundo, A., B. Matsushita, D. Jiang, M. Gondwe, R. Hamzah, F. Setiawan and T. Fukushima (2019). An overall evaluation of water transparency in Lake Malawi from MERIS data. *Remote Sensing* 11 (3): 279-297.

Wen, Y., G. Schoups and N. Van De Giesen (2017). Organic pollution of rivers: Combined threats of urbanization, livestock farming and global climate change. *Scientific reports* 7 (1): 1-9.

Wethé, J., M. Radoux and E. Tanawa (2003). Assainissement des eaux usées et risques socio-sanitaires et environnementaux en zones d'habitat planifié de Yaoundé (Cameroun). *La revue électronique en sciences de l'environnement* 4 (1): 41-47.

Wharton, D. (1983). The production and functional morphology of helminth eggshells. *Parasitology* 86 (4): 85-97.

# **ANNEXES**

## Céleri (Annexe01)



**Nom scientifique :** *Apium graveolens*

**Description :** Le céleri se caractérise par une tige dressée, haute de 60 cm ramifiée, creuse. Les feuilles odorantes, en trois lobes dentés vert sombre et brillants ou vert pale, selon les variétés, sont munies d'un long pétiole dressé, charnu, en forme de gouttière qui part du collet, les fleurs sont blanc vert, en ombelles, fleurissant de juin à septembre (Renaud, 2003)

**Classification de céleri (Mappa, 2010) :**

Règne	<i>Plantae</i>
Famille	Apiacées
Genre	<i>Apium</i>
Espèce	<i>Apium graveolens</i>

### Spécificité de la culture

Sol : riche en humus

Climat : tempéré, humide.

Exposition : ensoleillée.

### Valeur nutritive (Anonyme.2008) :

	Cru	Cuit
Eau	88%	29.1%
Protéines	1,5g	1g
Matières grasses	0.3g	0,2g

### Utilisation médicinale :

Il est fois stimulant et diurétique, reminéralisant antiseptique et rafraichissant, il purifie l'organisme et améliore la digestion. Il est recommandé contre les rhumatismes.

Excellent dans le cadre des régimes minceur, contre la rétention d'eau, il combat l'anémie et la fatigue nerveuse

En usage externe, le jus est cicatrisant, appliqué en lotions et compresses pour le traitement des plaies, engelures et pour les soins du visage (Mahmoudi, 1990).

## Epinard (Annexe 02)

**Nom scientifique :** *spinaciaoleracea*

**Description :** L'épinard est une plante dioïque, c'est-à-dire que des pieds différents portent soit des fleurs mâles soit des fleurs femelles. La pollinisation se fait par le vent (anémogame) et le pollen, très petit et léger, se transporte sur des kilomètres. Ceci explique pourquoi les fleurs sont elles-mêmes petites et vertes, la plante ne cherchant pas à attirer les insectes pour sa reproduction. Ses feuilles, lisses ou cloquées, sont d'un vert foncé



**Classification de l'épinard (Guessoum et Krid ,2011) :**

Règne	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Caryophyllales</i>
Famille	<i>Chenopodiaceae</i>
Genre	<i>Spinacia</i>
Nom binominal	<i>Spinacia oleracea</i>

**Spécifié de culture :**

Sol : compact et riche en humus.

**Valeur nutritive (Anonyme, 2008) :**

**Utilisation:** Il est utilisé en cuisine, cru ou cuit, haché ou en branches, dans de nombreuses recettes.

Eau	91,6%
Protéines	2,9g
Matière grasses	0,3g
Glucides	3,5g
Fibres	2,6g
Calories	23

## Carotte (Annexe 03)



**Nom scientifique :** *Daucus carota*.

**Description :** Plante bisannuelle de 30-80 cm, à rameaux étalés - feuilles molles, les inférieures oblongues, bipennatiséquées, à segments ovales ou oblongs, incisés-dentés - fleurs blanches ou rosées, celles de la circonférence rayonnante, la centrale presque toujours purpurine – ombelles grandes, à 20-40 rayons grêles, arqués-convergens à la maturité - involucelle à folioles linéaires-acuminées, membraneuses au bord, entièresou trifides - fruit ellipsoïde, à aiguillons en alêne, distincts à la base, égalant environ sa largeur (anonyme 2008)

**Classification de la carotte (anonyme2008) :**

Règne	<i>Plantes</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>magnoliopsida</i>
Sous –classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Apiales</i>
Famille	<i>Apiaceae</i>

**Spécificité de la culture :**

Le climat : un climat doux et humide et favorable à la culture.

Le sol : les sols favorables sont sableux, légers et qui se ressuient facilement.

**Utilisation :**

On utilise la carotte essentiellement pour conserver une belle peau et pour préparer cette dernière à l'exposition solaire. Les feuilles de carottes sauvages sont diurétiques et dépuratives. **Valeur nutritive (anonyme, 2008) :**

	Carotte crue 18 cm à 22 cm \72 g	Carotte bouillie égouttée entranches 1\2 tasse 125 ml\80g	Jus de carotte en conserve 1\2 tasse 125 ml\125 g
<b>Calories</b>	30	29	49
<b>Protéine</b>	0.7g	0.6 g	1.2 g
<b>Glucides</b>	6.9 g	6.8 g	11.6 g
<b>Lipides</b>	0.2 g	0.2 g	0.2 g
<b>Fibres alimentaires</b>	1.8 g	2.2 g	1.0 g

## (Annexe 04)

**Tableau 1.** Normes Algériennes de rejets des effluents liquides industriels

<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeurs limites</b>	<b>Tolérances aux valeurs limites anciennes installations</b>
<b>Température</b>	C°	30	30
<b>pH</b>	-	6.5-8.5	6.5-8.5
<b>MES</b>	Mg/L	35	40
<b>Azote kjeldahl</b>	Mg/L	30	40
<b>Phosphore total</b>	Mg/L	10	15
<b>DCO</b>	Mg/L	120	130
<b>DBO<sup>5</sup></b>	Mg/L	35	40
<b>Aluminium</b>	Mg/L	3	5
<b>Substance toxique bioaccumulables</b>	Mg/L	0.005	0.01
<b>Cyanures</b>	Mg/L	0.1	0.15
<b>Fluors</b>	Mg/L	15	20
<b>Indice de phénols</b>	Mg/L	0.3	0.5
<b>Hydrocarbure totaux</b>	Mg/L	10	15
<b>Huile et graisses</b>	Mg/L	20	30
<b>Cadmium</b>	Mg/L	0.2	0.25
<b>Cuivre total</b>	Mg/L	0.5	1
<b>Mercure total</b>	Mg/L	0.01	0.05
<b>Plomb total</b>	Mg/L	0.5	0.75
<b>Chrome total</b>	Mg/L	0.5	0.75
<b>Etain total</b>	Mg/L	2	2.5
<b>Manganese</b>	Mg/L	1	1.5
<b>Nikel total</b>	Mg/L	0.5	0.75
<b>Zinc total</b>	Mg/L	3	5
<b>Fer</b>	Mg/L	3	5
<b>Composées organiques chlorés</b>	Mg/L	5	7

## (Annexe 05)

**Tableau 02.** Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration

<b>Paramètres</b>	<b>Valeurs limites maximales (mg/l)</b>
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0.1
Arsenic	0.1
Béryllium	0.05
Cadmium	0.1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexavalent	0.1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0.1
DBO <sup>5</sup>	500
DCO	1000
Etain	0.1
Fer	1
Fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
Matières en suspension	600
Magnesium	300
Mercure	0.01
Nickel	2
Nitrites	0.1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0.5
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2

\*Température : inférieur ou égale à 30° C    \* pH: compris entre 5.5 et 8.5

## (Annexe 06)

**Tableau 03.** Normes algériennes des eaux usées épurées destinées à des fins d'irrigation

Paramètres	Unité	Concentrations maximales admissibles
<b>Physique</b>	pH	/
	MES	Mg/l
	CE	dS/m
	6,5 ≤ pH ≤ 8,5	
	Infiltration le SAR =0-3CE	0.2
	3-6	0.3
	6-12	0.5
	12-20	1.3
	20-40	3
<b>Chimique</b>	DBO <sup>5</sup>	mg d'O <sub>2</sub> /l
	DCO	mg d'O <sub>2</sub> /l
	Chlorure(Cl)	meq/l
	Azote (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l
	Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> )	meq/l
<b>Eléments toxiques</b>	Aluminium	mg/l
	Arsenic	mg/l
	Béryllium	mg/l
	Bore	mg/l
	Cadmium	mg/l
	Chrome	mg/l
	Cobalt	mg/l
	Cuivre	mg/l
	Cyanure	mg/l
	Fluore	mg/l
	Fer	mg/l
	Phénols	mg/l
	Plomb	mg/l
	Lithium	mg/l
	Manganèse	mg/l
	Mercure	mg/l
	Molybdène	mg/l
	Nickel	mg/l
	Sélénium	mg/l

(Annexe 07)

Tableau 4. Doses minimales d'infection pour quelques bactéries et parasites (OMS, 2013)

Organismes	Doses minimales d'infection
<i>Salmonella spp.</i>	$10^4$ - $10^7$
<i>Shigella spp.</i>	$10^1$ - $10^2$
<i>Escherichia coli</i>	$10^6$ - $10^8$
<i>Escherichia coli O157 : H 7</i>	$\leq 100$
<i>Vibrio cholerae</i>	$10^3$
<i>Compylobacter jejuni</i>	Environ 500
<i>Giardia lamblia</i>	$10^1$ - $10^2$
<i>Cryptosporidium</i>	$10^1$ kystes
<i>Entamoeba coli</i>	$10^1$ kystes
<i>Ascaris</i>	1-10 œufs
<i>Hepatitis a virus</i>	1-10 PFU

## (Annexe 08)

### **Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

10 ml de l'échantillon et mélangé avec 5 ml de dichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$  (0.04 mol/l dans un milieu  $HgSO_4$ -eau distillé- $H_2SO_4$  80/700/100 p/v/v) dans des tubes de DCO. Après ébullition 15 ml de catalyseur (sulfate d'argent  $Ag_2SO_4$  1% dans un milieu  $H_2SO_4$  4 mol/l) est ajouté au milieu réactionnel puis les tubes sont installés immédiatement dans le bloc chauffant de DCO mètre (- Bac-Digest RAT 2) à une température de 150°C (30 mn) puis 170°C pendant 30 mn. Après refroidissement, le réfrigérant connecté toujours avec les tubes est rincé avec 75 ml d'eau distillé. A la fin l'excès de  $K_2Cr_2O_7$  est titré par le sel de Mohr  $(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  0.1 mol/l dans un milieu  $H_2SO_4$  4 mol/l en présence de deux gouttes de férrozine (indicateur coloré préparé par un mélange de  $FeSO_4$  0.7 % et phénantroline-1 1.5 % dans  $H_2O$ ). Le blanc est réalisé de la même manière que le test en remplaçant l'échantillon par de l'eau distillé. La DCO en mg  $O_2/l$  est calculé selon la formule suivante :

$$DCO \text{ en mg } O_2/l = 8000 \times T \times (V_2 - V_1) / P_e$$

**T** : Titre de sel de Mohr.

**V1** : volume de sel de Mohr utilisé pour la titration de l'échantillon.

**V2** : volume de sel de Mohr utilisé pour la titration de blanc.

**Pe** : la prise d'essai (10 ml).

### **Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours (DBO<sub>5</sub>)**

Après les dilutions adéquates avec de l'eau pure, nous avons mis dans le flacon une pincée d'allyle thio-urée pour éviter la nitrification (eau sortie) puis remplir le flacon à ras bord avec la dilution, mettre l'extenseur de volume sur le flacon, introduire la sonde avec le système d'agitation, mettre le flacon avec la sonde sur l'agitateur magnétique et agiter jusqu'à stabilisation de la valeur de la  $pO_2$  puis en noter cette valeur après 5 jours à l'obscurité et à 20°C, mesurer la concentration de l'oxygène dissous.

La DBO en mg  $O_2/l$  est calculé selon la formule suivante

$$DBO_5 = ((P_0 - P_5) - (K_0 - K_5)) \cdot V/E$$

Avec : **P0** concentration d' $O_2$  dans la dilution au début de l'essai;

**P5** : concentration d' $O_2$  dans la dilution à la fin de l'essai (après 5 jours)

**K0** : concentration d' $O_2$  dans l'eau de dilution au début de l'essai

**K5** : concentration d' $O_2$  dans l'eau de dilution à la fin de l'essai (après 5 jours)

**V** : volume du flacon

**E** : prise d'essai

## (Annexe 9)

### Dénombrement des coliformes totaux :

Nous avons utilisé la méthode de dénombrement en milieu liquide sur BCPL. La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- le test de présomption : réservé à la recherche des Coliformes totaux.
- le test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie et réservé à la recherche des Coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption .
- **Test de présomption** : a partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :
  - 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham ;
  - 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham ;
  - 5 fois 0.1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

- **Lecture** : sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :
  - un dégagement gazeux (Supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche),
  - un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure ci-dessous.

- **Illustration** :

Inoculum	Test de présomption	N <sup>bre</sup> caractéristique
5 X 10 ml	+ + + + +	5
5 X 1 ml	+ + + + +	5
5 X 0.1 ml	+ + + + +	5

## Recherche de coliformes fécaux par filtration :

- Remplir par la suite l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser.
- Actionner de la même façon la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose TTC.
- Cette deuxième membrane sera incubée à 44°C, pendant 24 heures et servira à la recherche des coliformes fécaux.

- **Lecture et interprétation :**

Après 24 heures d'incubation, les coliformes totaux et fécaux forme de petites colonies jaunes ou orangées, lisses, légèrement bombées.

- Etant donné le caractère sélectif de la gélose TTC ; ne pousseront théoriquement que les coliformes.

- **Deuxième étape :**

- Repiquage sur les milieux de confirmation (Schubert), puis l'incubation à 44°C pendant 24 heures ; pour *E. coli*.
- Une poussée bactérienne est observée, avec un dégagement de gaz dans la cloche de Durham, et une coloration en rouge résultat de l'addition du réactif de Kovacs témoigne de la production d'indole.

## Recherche des Streptocoques fécaux :

La streptométrie par filtration est tout comme la colimétrie par filtration une méthode rapide, simple, normalisée mais nécessitant la disponibilité d'une rampe de filtration.

- Tout d'abord, il faudra stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen.
- Le refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 µ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dernier avec la pince correspondante.
- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser.
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose SLANETZ et BARTLEY.
- Cette membrane sera incubée à 37°C, pendant 24 heures.

- **Lecture et interprétation :**

- Après 24 heures d'incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marron ou roses, lisses, légèrement bombées.
- Etant donné le caractère sélectif de la gélose SLANETZ ; ne pousseront théoriquement que les streptocoques fécaux.
- Ne dénombrer que les boîtes refermant entre 15 et 300 colonies.
- Le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser.

## **Recherche des Clostridium sulfito-réductrices :**

- Prendre environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à 45 ± 1°C, additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures.
- La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des Clostridium s/r sont envahissantes auquel cas on se trouvera en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voir impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10<sup>-1</sup> voire 10<sup>-2</sup>, la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et la dernière à 48 heures.
- Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse.

**Tableau 5. Nombre le plus probable et intervalle de confiance dans le cas du système d'ensemencement**

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 ml	Limite de confiance à 95%	
5 tubes de 10 ml	5 tubes de 1 ml	5 tubes de 0.1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	2	<0.5	7
0	0	0	2	<0.5	7
0	1	0	4	<0.5	11
1	1	0	2	<0.5	11
1	2	1	4	<0.5	11
1	3	0	4	<0.5	11
1	0	1	6	<0.5	11
1	0	0	6	<0.5	11
2	1	0	5	<0.5	15
2	1	1	7	1	15
2	2	0	7	1	13
2	2	1	9	2	17
2	3	0	9	2	17
2	0	0	12	3	21
3	0	0	8	1	21
3	1	1	11	2	28
3	1	0	11	2	19
3	1	1	14	4	25
3	2	0	14	4	25
3	2	1	17	5	34
3	3	0	17	5	34
4	3	0	13	3	46
4	4	1	17	5	46
4	0	0	17	5	31
4	0	1	21	7	46
4	0	2	26	9	46
4	1	0	22	7	63
4	1	1	26	9	78
4	1	0	27	9	80
4	2	1	33	11	93
4	2	0	34	12	96
4	2	0	2	7	70
4	3	1	31	11	89
4	3	2	43	15	114
5	3	0	33	11	93
5	3	1	46	16	120
5	3	2	63	21	154
5	4	0	49	17	126
5	4	1	70	23	168
5	4	2	94	28	219
5	4	0	79	25	187
5	4	1	109	31	253
5	4	2	141	37	343
5	4	3	175	44	503
5	5	0	130	35	302
5	5	1	172	43	486
5	5	2	221	57	698
5	5	3	278	90	849
5	5	4	345	117	999
5	5	0	240	66	754
5	5	1	348	118	1005
5	5	2	542	180	1405
5	5	3	918	303	3222
5	5	4	1609	635	5805

