

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie civil et d'Hydraulique  
Référence : ...../2021



جامعة محمد خيضر بسكرة  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
قسم الهندسة المدنية والري  
المرجع...../2021

## Mémoire de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

### Thème

**Etat de connaissances sur la qualité des eaux de rejets  
dans la ville de Biskra**

Nom et Prénom de l'étudiant :  
HIOUANI Ibtihel

Encadreur : Pr. YUCEF Leila  
Co-Encadreur : YUCEF Soufiane

Année universitaire : 2021 - 2022



## Remerciements

**T**out d'abord je remercie *ALLAH* le tout puissant et miséricordieux qui m'a aidé et m'a donné la santé, la patience et le courage durant ces longues années d'étude et de m'avoir donné le courage et la volonté pour élaborer ce mémoire. J'adresse mes plus sincères remerciements à mes parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Je souhaiterais exprimer ma gratitude à « *Mm YOUCEF Leïla* », *Pr au département de génie civil et d'hydraulique-Université Mohamed Khider Biskra*, ma Promotrice de mémoire pour ses remarques constructives, son ouverture d'esprit et ses multiples encouragements, ce travail ne serait pas riche et n'aurait pas pu avoir achevé sans son aide, je la remercie pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire.

J'adresse mes remerciements à « *Mm Guergazi Saadia* », *Pr au département de génie civil et d'hydraulique et directrice du laboratoire LARHYSS Université Mohamed Khider Biskra* qui a accepté avec spontanéité de me donner la permission d'effectuer les analyses des échantillons.

Aussi, je me permets d'exprimer tout mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier ce travail.

Je tiens à remercier vivement mon co-encadreur *Dr. Youcef Soufiane*, pour son aide à réaliser mon enquête sur terrain et à effectuer l'échantillonnage des eaux au niveau des sites de rejets. Mes remerciements vont également au directeur du Bureau d'étude *BET-E.H.E*, pour son accord à l'utilisation de la carte des bassins collecteurs de la ville de Biskra et les résultats de mesure des débits horaires.

**F**inalement, Je tiens à remercier également tous mes professeurs, particulièrement « *Mm Charhabil Sonia* » pour Son soutien moral et ses encouragements.

*Bethel Hionani*



*dédicace*



*C'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail :*

*A mon père, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé*

*A ma mère, pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices*

*A ma chère grand-mère*

*A la mémoire de mon chère grand-père*

*A mes sœurs Sara, Lina, Sirine et Maya*

*A mon frère Mehdi*

*A mes chères tantes Amina, Karima et Fatima*

*A mes cousines Fairouz, Selma, Rayane, Maysam, et Maryem*

*A tous les membres de ma famille.....*

*A mon collègue Rabeh Smaili pour sa motivation et son aide*

*Et tous ceux qui m'aiment.....*

## Résumé

L'objectif principal de ce travail a été d'étudier l'état de pollution provoqué au niveau des points de rejets des eaux usées dans la ville de Biskra. Les points essentiels du suivi ont concerné l'évolution des débits de ces eaux et leur qualité physico-chimique.

Il en ressort de l'enquête sur terrain que nous avons menée que la ville de Biskra est dotée d'un réseau d'assainissement relevant en totalité d'un système unitaire considéré comme vétuste et insuffisant pour couvrir la totalité du périmètre urbain. Actuellement, les eaux usées sont collectées et rejetées dans la nature sans épuration préalable. Les débits d'eaux usées sortants au niveau des sites de rejets sont très importants. Ces débits sont élevés pendant la période diurne. La charge polluante dans ces eaux est assez importante se traduisant par de faibles pourcentage d'oxygène dissous (%) et des valeurs de DCO, DBO<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> et NH<sub>3</sub>-N dépassant largement les normes de rejets des eaux usées. Un projet de réalisation d'une STEP pour la ville de Biskra a été lancé. Malheureusement, le taux d'avancement du projet n'a atteint à ce jour que les 48% avant l'arrêt des travaux. Cet effet laisse à souligner que cette situation aggrave un risque certain pour la santé publique et le milieu récepteur. Cette étude a permis de donner une idée sur le degré de pollution transmis dans l'environnement récepteur en attendant la mise en marche de la STEP.

**Mots clés :** Biskra, Eaux usées, débit, paramètres de pollution, Assainissement, STEP.

## Abstract

The main objective of this work was to study the state of pollution caused at the level of wastewater discharge points in the city of Biskra. The main points of the follow-up concerned the evolution of the flows of these waters and their physico-chemical quality.

As a result of the field survey that we conducted, the city of Biskra is equipped with a wastewater collection system that is totally based on a unitary system considered as old and insufficient to cover the entire urban perimeter. Currently, wastewater is collected and discharged into the environment without prior treatment. The amounts of wastewater flowing out of the discharge sites are very high. These flows are high during the diurnal period. The pollutant load in these waters is quite important, resulting in low percentages of dissolved oxygen (%) and values of COD, BOD<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> et NH<sub>3</sub>-N largely exceeding the standards of wastewater discharge. A project to build a WPP for the city of Biskra has been launched. Unfortunately, the rate of progress of the project has reached only 48 %so far before the work was stopped. This effect allows to emphasize that this situation aggravates a certain risk for public health and the receiving environment. This study has given an idea of the degree of pollution transmitted to the receiving environment while waiting for the WPP to start up.

**Key words:** Biskra, wastewater, flow, pollution parameters, sanitation, WPP.



**ملخص:**

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو دراسة حالة التلوث الحاصل على مستوى نقاط تصريف المياه المستعملة في مدينة بسكرة. تتعلق النقاط الأساسية للمتابعة بتطور تدفقات هذه المياه وجودتها الفيزيائية والكيميائية.

تبين من المسح الميداني الذي أجريناه أن مدينة بسكرة تحتوي على شبكة صرف صحي ذات نظام موحد بالكامل ذو حالة مهترأة وغير كافٍ لتغطية المحيط الحضري بأكمله. حالياً، يتم جمع مياه الصرف الصحي وتصريفها في الطبيعة دون معالجة مسبقة. تدفقات المياه المستعملة الخارجة في مواقع التصريف كبيرة جداً وتبلغ قيمها القصوى خلال الفترات الصباحية. وجدنا ان كمية الملوثات في هذه المياه المستعملة مرتفعة للغاية، ذلك ما يؤدي الى انخفاض في نسب الأكسجين المنحل (%). بعد اجراء التحاليل تبين أن قيم كل من DCO و DBO<sub>5</sub> و PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> و NH<sub>3</sub>-N مرتفعة وتتجاوز إلى حد كبير معايير مياه الصرف الصحي.

تم إطلاق مشروع إنشاء محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة بسكرة. لكن لحد الآن، وصل معدل تقدم المشروع إلى 48% فقط قبل توقف الأشغال. يدفعنا هذا إلى الإشارة للوضع المتفاقم والخطر المحتمل والمحدد على الصحة العامة والبيئة المستقبلية لهذه المياه الملوثة. أتاحت لنا هذه الدراسة الخروج بفكرة عن درجة التلوث المنقول إلى البيئة المستقبلية في انتظار بدء تشغيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي.

**الكلمات المفتاحية:** بسكرة، مياه الصرف الصحي التدفق، معايير التلوث، الصرف الصحي، محطة معالجة مياه الصرف الصحي.





# SOMMAIRE

Remerciements.....	
Dédicace.....	
Résumé.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des figures.....	
Liste d'abréviation.....	
Introduction générale.....	01

## Chapitre I : Données générales sur la qualité des eaux usées

I.1.Introduction.....	03
I.2.Les eaux usées urbaines.....	03
I.3.Les paramètres de Qualité physico-chimique des eaux usées .....	04
I.3.1.Physique .....	04
I.3.1.1.La Température (°C) .....	04
I.3.1.2.La matière en suspension (MES) .....	05
I.3.1.3.La turbidité .....	05
I.3.1.4.Couleur .....	06
I.3.2.Chimique .....	06
I.3.2.1.Potentiel de l'hydrogène (pH) .....	06
I.3.2.2.La Conductivité électrique .....	06
I.3.2.3.L'Oxygène dissous .....	07
I.3.2.4.La Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	07
I.3.2.5 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) .....	07
I.3.2.6 L'azote .....	08

I.3.2.7 Le phosphore.....	09
I.3.3 Caractéristiques microbiologiques.....	09
<b>I.4 Les normes des eaux de rejet.....</b>	<b>10</b>
<b>I.5 Impacts des rejets des eaux usées urbaines.....</b>	<b>11</b>
I.5.1 Les différents phénomènes d'impact .....	11
I.5.2 Impacts sur l'environnement.....	11
I.5.3 Impacts sur la santé humaine.....	13
I.5.4 Impacts sur l'écosystème.....	14
I.5.5 Impacts hydrauliques et morfo-dynamiques.....	15
I.5.6 Impacts dus aux micropolluants organiques et minéraux.....	16
I.5.7 Impacts dus aux hydrocarbures.....	17
<b>I.6 Conclusion.....</b>	<b>18</b>

## Chapitre II : Enquête sur les rejets des eaux usées de la ville de Biskra

<b>II.1.Introduction.....</b>	<b>19</b>
<b>II.2.données générales sue la ville de Biskra.....</b>	<b>19</b>
II.2.1.Situation géographique.....	19
II.2.2 Relief et Topographie.....	20
II.2.3 Géologie.....	20
II.2.4 Données Climatiques.....	21
<b>II.3 Données sur les bassins et le réseau de collectes des eaux usées de la ville de Biskra.....</b>	<b>22</b>
II.3.1 Localisation des sites de rejets.....	25
II.3.1.1 Site I - Rejet Zone Urbaine Chetma.....	25
II.3.1.2 Site II- Zone Industrielle Chetma.....	26



II.3.1.3 Site III -Zone Est.....	27
II.3.1.4 Site IV-Zone Centre Biskra.....	28
II.3.1.5 Site V-Zone Pôle Urbain.....	29
II.3.1.6 Site VI -Zone Ouest.....	30
<b>II.4 Projets des STEP dans la wilaya de Biskra.....</b>	<b>31</b>
II.4.1 Taux d'avancement des projets.....	31
II.4.2 Données sur la STEP de la ville de Biskra.....	31
<b>II.5 Conclusion.....</b>	<b>33</b>

### **Chapitre III : Matériel et méthodes des analyses physico-chimiques des eaux usées**

<b>III.1 Introduction.....</b>	<b>35</b>
<b>III.2 Méthodes de dosage.....</b>	<b>35</b>
III.2.1 pH.....	35
III.2.2 Conductivité.....	36
III.2.3 L'oxygène dissout.....	37
III.2.5 Dosage des ions (NH <sub>3</sub> -N) et (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	38
III.2.5.1 Ammoniaque gamme moyenne (NH <sub>3</sub> -N).....	38
III.2.5.2 Phosphate gamme haute.....	40
III.2.6 Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	41
III.2.7 Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).....	43
<b>1.3 Conclusion.....</b>	<b>46</b>

**Chapitre IV : Résultats de l'analyse des débits et des caractéristiques physico-chimiques des eaux usées.**

<b>IV.1 Introduction.....</b>	<b>47</b>
IV.2 Variation horaires des débits des eaux usées.....	47
IV.2 Analyses physico-chimiques des eaux usées.....	51
IV.2.1 Variation de la qualité des eaux usées.....	51
IV.2.2 Variation de la qualité des eaux usées entre la période diurne et nocturne.....	53
<b>IV. 3 Conclusion.....</b>	<b>57</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>58</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>59</b>

## Liste des tableaux

<b>Le tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>Tableau 01</b>	relation entre la conductivité et la minéralisation (Rejsek, 2002)	<b>07</b>
<b>Tableau 01</b>	Normes de rejet des eaux usées :OMS, européenne et Algérienne -ONA	<b>10</b>
<b>Tableau 01</b>	Résultats du suivi des débits horaires ( <b>m<sup>3</sup>/h</b> ) au niveau des points de rejets (Octobre 2021)	<b>49</b>
<b>Tableau 01</b>	Résultats des analyses physico-chimique prélèvement du 03 janvier 2022 à 11 h du matin	<b>51</b>
<b>Tableau 01</b>	Résultats des analyses physico-chimique prélèvement du 16 Février 2022 à 11 h du matin	<b>52</b>
<b>Tableau 01</b>	Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de rejets de la ville de Biskra (période nocturne et diurne). Prélèvements effectués entre le 06 et le 07 décembre 2021	<b>54</b>

## Liste des figures

<b>La figure</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>Figure 01</b>	Taux de raccordement au réseau d'assainissement par Wilaya, Recensement en 1998 (Toumi et Bernard ; 2004).	<b>01</b>
<b>Figure 02</b>	Principales caractéristiques des eaux usées	<b>04</b>
<b>Figure 03</b>	Eutrophisation des eaux de surface (Dorothee, 2019)	<b>12</b>
<b>Figure 04</b>	Réaction d'un écosystème aquatique aux pollutions dans un bassin versant	<b>15</b>
<b>Figure 05</b>	Les rejets urbains de temps de pluie par les déversoirs d'orage sont généralement considérés comme des rejets diffus	<b>15</b>
<b>Figure 06</b>	Evolution de la prise de conscience des sources de micropolluants	<b>17</b>
<b>Figure 07</b>	(a) et (b), Situation géographique de la ville de Biskra (Hanafi et Alkama, 2016)	<b>19</b>
<b>Figure 08</b>	Carte géologique de la wilaya de Biskra (Khechai et Deghiche Diab, 2019)	<b>21</b>
<b>Figure 09</b>	Précipitations mensuelles moyennes enregistrées à la station de Biskra en 20 ans (2016)	<b>22</b>
<b>Figure 10</b>	Plan du réseau d'assainissement et délimitation et caractérisation des bassins de collectes de la ville de Biskra	<b>24</b>
<b>Figure 11</b>	Site I-Rejet zone urbaine Chetma (Photos prises le 06 Décembre 2021)	<b>25</b>
<b>Figure 12</b>	Site II- Rejet Zone Industrielle Chetma (Photos prises le 06 Décembre 2021).	<b>26</b>
<b>Figure 13</b>	Site III-Rejet Zone Est (Photos prises le 06 Décembre 2021)	<b>27</b>
<b>Figure 14</b>	Site IV-Rejet Zone Centre Biskra (Photos prises le 06 Décembre 2021)	<b>28</b>
<b>Figure 15</b>	Site V-Rejet Pôle Urbain Biskra (Photos prises le 06 Décembre 2021).	<b>29</b>
<b>Figure 16</b>	Site VI - Rejet Zone Ouest Biskra (Photos prises le 06 Décembre 2021)	<b>30</b>
<b>Figure 17</b>	Étapes prévues de l'épuration des eaux usées au niveau de la STEP de la ville de Biskra	<b>32</b>
<b>Figure 18</b>	Station d'épuration des eaux usées de la ville de Biskra en cours de réalisation	<b>32</b>
<b>Figure 19</b>	pH mètre utilisé au niveau du laboratoire pour mesurer le pH des échantillons	<b>35</b>
<b>Figure 20</b>	Conductimètre Bioblocscientific LF 315	<b>36</b>
<b>Figure 21</b>	Mode d'utilisation du conductimètre	<b>36</b>
<b>Figure 22</b>	Oxymètre HANNA HI 9146 utilisé au laboratoire.	<b>37</b>

<b>Figure 23</b>	Multiparamètre HI 83200-02 pour le dosage des ions ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) et des composés azotés	<b>38</b>
<b>Figure 24</b>	Réactifs utilisés pour le dosage de $\text{NH}_3\text{-N}$	<b>39</b>
<b>Figure 25</b>	Quelques étapes de dosage de $\text{NH}_3\text{-N}$	<b>40</b>
<b>Figure 26</b>	Réactifs de dosage de $\text{PO}_4^{3-}$	<b>40</b>
<b>Figure 27</b>	Réactifs utilisés pour la détermination de la $\text{DBO}_5$	<b>41</b>
<b>Figure 28</b>	Appareillage utilisé pour la mesure de la $\text{DBO}_5$	<b>42</b>
<b>Figure 29</b>	Réglage du Zéro (00) de la tête de l'OXITOP.	<b>43</b>
<b>Figure 30</b>	réactifs utilisés pour la détermination de la DCO.	<b>43</b>
<b>Figure 31</b>	Introduction des réactifs (Réactif de digestion et la solution catalytique)	<b>44</b>
<b>Figure 32</b>	Bloc chauffant DCO avec capot de protection	<b>44</b>
<b>Figure 33</b>	Dilution de l'échantillon à la sortie du bloc chauffant DCO	<b>45</b>
<b>Figure 34</b>	Titration de l'échantillon avec le sel de Mohr	<b>45</b>
<b>Figure 35</b>	Présentation de la variation des débits horaires au niveau des points de rejets (Octobre 2021)	<b>50</b>
<b>Figure 36</b>	Variation du rapport $\text{DCO}/\text{DBO}_5$ des eaux de rejets de la ville de Biskra	<b>52</b>
<b>Figure 37</b>	Échantillonneur utilisé pour les prélèvements nocturnes et diurnes.	<b>53</b>
<b>Figure 38</b>	Variation du pH et de la conductivité et de la des eaux de rejets de la ville de Biskra (période nocturne et diurne). Prélèvements effectués entre le 06-07 décembre 2021.	<b>55</b>
<b>Figure 39</b>	Variation du pourcentage de l'oxygène dissout $\text{O}_2$ (%) des eaux de rejets de la ville de Biskra (période nocturne et diurne).Prélèvements effectués entre le 06-07 décembre 2021.	<b>55</b>
<b>Figure 40</b>	Variation de la DCO et de la $\text{DBO}_5$ des eaux de rejets de la ville de Biskra (période nocturne et diurne). Prélèvements effectués entre le 06-07 décembre 2021.	<b>56</b>
<b>Figure 41</b>	Variation du rapport $\text{DCO}/\text{DBO}_5$ des eaux de rejets de la ville de Biskra (période nocturne et diurne). Prélèvements effectués entre le 06-07 décembre 2021.	<b>56</b>

## Liste des abréviations

**pH** : Potentiel d'hydrogène.

**DBO<sub>5</sub>** : Demande biochimique en oxygène mesurée au 5<sup>ème</sup> jour (**mg/L**).

**DCO** : Demande chimique en oxygène

**O<sub>2</sub> (%)** : Pourcentage de saturation en oxygène

**T°** : Température (°C).

**N-NH<sub>3</sub>** : Azote ammoniacal (**mg/L**).

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : Ortho phosphates (**mg/L**).

**OMS** : Organisation Mondiale de la santé.

**ONA** : Office national de l'assainissement.

**STEP** : Station d'épuration.

**BET-EHE** : Bureau d'étude hydraulique et environnement



# *Introduction générale*

## Introduction générale

A l'indépendance, l'amélioration des conditions d'hygiène, aussi bien en milieu urbain qu'en milieu rural, exigeait un développement important des réseaux publics d'assainissement et ce, non seulement pour rattraper les retards dans ce domaine mais également pour tenir compte de l'accroissement démographique (Toumi et Bernard, 2004)

Une enquête réalisée en 1998 par la direction générale des infrastructures hydrauliques (DGIH) (MRE, 2000 ; Toumi et Bernard ; 2004) a fait ressortir que le taux global de raccordement à un réseau d'égouts public de la population agglomérée en Algérie était de 85 %, avec cependant de fortes disparités selon les wilayas, comme l'illustre la Figure 1. Dans cette figure, on peut constater que la wilaya de Biskra, comme nous l'avons indiqué en rouge, le taux de raccordement dépasse 90 %.

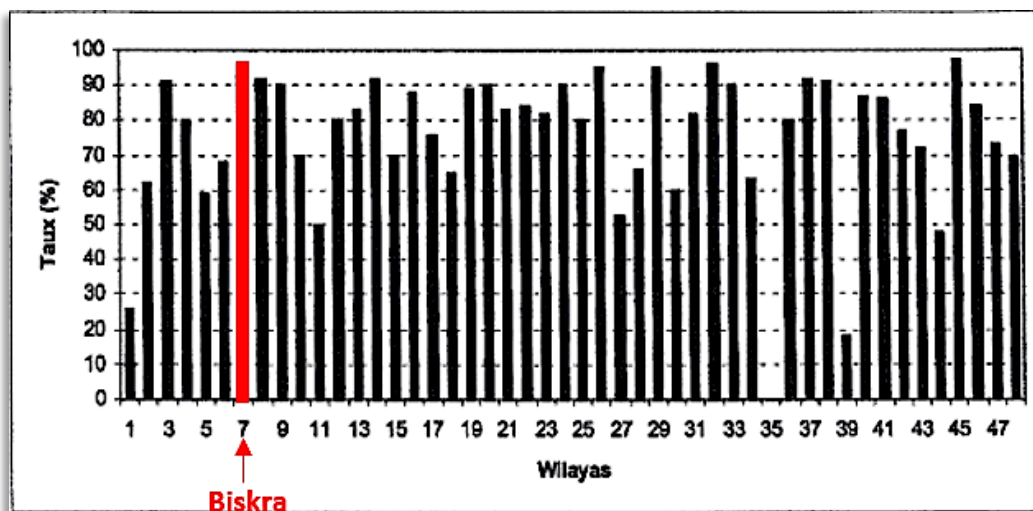


Figure 1 : Taux de raccordement au réseau d'assainissement par Wilaya, Recensement en 1998 (Toumi et Bernard ; 2004).

La protection des ressources en eau contre les effets de la pollution causés par les eaux usées rejetés à la sortie des réseaux d'assainissement, a été prise en considération par les pouvoirs publics en Algérie. C'est ainsi que de nombreuses stations d'épuration (STEP) ont été réalisées. A titre indicatif, selon Toumi et Bernard (2004), jusqu'à l'année 2004 sur les 45 STEP existantes en Algérie, 31 sont à l'arrêt à cause du degré de sophistication technique, d'une part, et d'un manque de compétence dans la gestion.





Il faut signaler que les conséquences des eaux usées rejetées dans l'environnement sans traitement sont alarmantes. En 2012, plus de 800 000 décès à travers le monde étaient causés par une eau potable contaminée, des installations de lavage de mains inadéquates et des services d'assainissement inappropriés (*WWAP, 2017*).

A partir de cela est venue l'idée principale de cette étude qui consiste à réaliser une enquête sur l'état des points de rejets des eaux usées dans la ville de Biskra. Sachant que la réalisation d'une STEP dans cette ville a connu un très grand retard. Les points essentiels du suivi concerneront la qualité physico-chimique des eaux rejetées ainsi que l'évolution des débits de ces eaux. *Vue le manque des moyens*, nous n'avons pas pu faire le suivi de la qualité *biologique*. Cette étude permettra de donner une idée sur le degré de pollution transmis dans l'environnement récepteur en attendant la mise en marche de la STEP.

Cette étude sera présentée en quatre chapitres :

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique sur la qualité des eaux usées et leurs impacts sur l'environnement. Dans le deuxième chapitre on présentera des données générales sur la ville de Biskra ainsi que les bassins et les réseaux de collecte des eaux usées dans cette ville. Une idée globale sera également donnée sur les STEP prévues ou en cours de réalisation dans la wilaya de Biskra.

La deuxième partie du mémoire, sera concernée l'étude expérimentale concernant les prélèvements sur terrain et les analyses des échantillons prélevés au niveau du laboratoire (*LARHYSS*) du département de Génie civil et d'Hydraulique (Université de Biskra).

Un premier chapitre décrira le protocole expérimental suivi pour les analyses physico-chimiques des échantillons d'eaux de rejets prélevés.

Dans un second chapitre, nous présenterons les résultats de l'enquête réalisée pour cerner les points de rejets du réseau d'assainissement dans la ville de Biskra ainsi que la variation journalière et nocturne /diurne des débits d'eaux rejetées. Dans ce chapitre on présentera et on discutera les analyses physico-chimiques des échantillons d'eaux usées prélevés.



# *Chapitre I :*

## Données générales sur la qualité des eaux usées

## I.1 Introduction

Selon *Rejsek (2002)*, les eaux usées urbaines, sont des eaux qui contiennent des polluants solubles ou insolubles qui sont principalement dérivés de l'activité humaine. Les eaux usées sont généralement un mélange de ces catégories de polluants dispersés ou dissous dans l'eau qui a été utilisée à des fins domestiques ou industrielles (*Grosclaude, 1999*). Les eaux usées sont altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs.

Dans ce chapitre on passera en revue les principaux paramètres physico-chimiques des eaux usées, ainsi que les normes de rejets urbains des eaux usées. On présentera également une idée générale sur les impacts de ces eaux sur le milieu et l'environnement récepteur.

## I.2 Les eaux usées

Ces eaux résiduaires sont collectées et acheminées, en général, vers les stations d'épuration affectées à chaque communauté urbaine pour les traiter avant leur rejet final. De nos jours, les lois et les décrets définissent des seuils de pollution des eaux, de flux de pollution après épuration, etc., afin de prévenir toute contamination du milieu en aval du rejet (*Méot et Alamy, 1990*).



Ces eaux usées ont trois origines, essentiellement :

- Eaux agricole,
- Eaux d'usages industriels,
- Eaux d'usages domestiques.

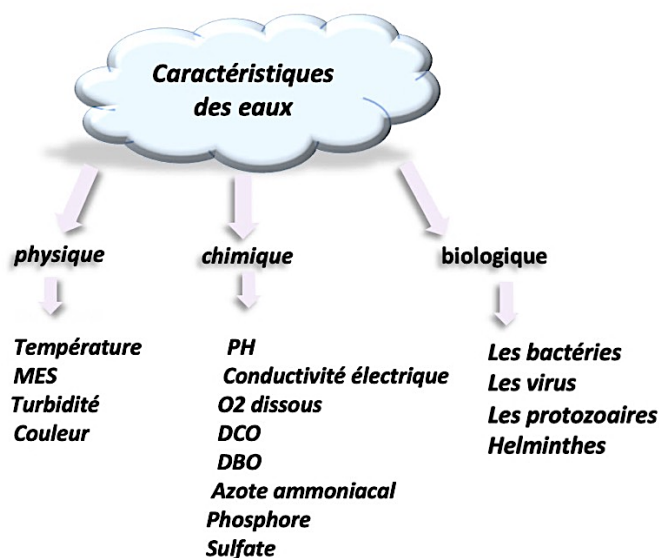
Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Les différents polluants se trouvant dans ces eaux sont (*Méot et Alamy, 1990*) :



- Les matières solides en suspension ou dissoutes.
- Les composés organiques biodégradables ou non biodégradable.
- Les produits azotés et phosphorés d'origine agricole et industrielle .
- Les produits toxiques d'origine industrielle comme les métaux lourds.

### I.3 Les paramètres de qualité physico-chimique des eaux usées

Comme nous l'avons schématisé dans la *Figure 2*, les paramètres définissant la qualité des eaux usées sont des paramètres physiques, chimique et biologiques



*Figure 2* : Principales caractéristiques des eaux usées

#### I.3.1 Paramètres physiques

##### I.3.1.1 Température

La température est un facteur écologique majeur ; ses variations affectent diverses propriétés de l'eau telles que la densité, la viscosité, l'évaporation, la solubilité des gaz surtout l'oxygène et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques.

Les basses températures stoppent les réactions d'oxydation qui conduisent à une autoépuration, tandis que les hautes températures accélèrent l'oxydation avec une diminution de la solubilité d'oxygène. La température a également une grande influence sur l'activité biologique car chaque espèce aquatique a un référendum thermique hors duquel elle peut



disparaître. les eaux usées, autres que domestiques, doivent être ramenées à une température inférieure à 30 °C (*Morin-Crini et al, 2017*)

### ***1.3.1.2 La matière en suspension (MES)***

Les matières en suspension constituent l'ensemble des particules minérales et /ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon (*Ramade, 1999*). La répartition des diamètres des MES varie selon la nature des eaux résiduaires.

Selon (*Degrémont, 1989*), le paramètre englobe tout élément en suspension dans l'eau dont la taille permet leur rétention sur un filtre de porosité donnée. Ils représentent une intermédiaire entre les particules minérales du type sable ou poussière de charbon et les particules minérales du type mucilagineuse.

**Les MES s'expriment par la relation suivante :**

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70 \% \text{MVS}$$

**MMS** : Matière minérale en suspension ; **MVS** : Matières volatiles en suspension

- **Matière minérale en suspension (MMS)**

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles en suspension. Elles représentent donc le résidu minéral de la calcination et correspondent à la présence de sels, silice, ... (*Gaid, 1984*).

- **Matières volatiles en suspension (MVS)**

Elles représentent la fraction organiques des matières en suspension .Elles sont mesurées par calcination à 650°C d'un échantillon dont on connaît déjà la teneur en MES. Elles représentent environ 70 à 80 % MES (*Gaid, 1984*).

### ***1.3.1.3 La turbidité***

La turbidité d'une eau est due à la présence de matières finement divisées en suspension (argile, limon, grains de silice et matières organiques, etc.). L'évaluation de



l'abondance de ces matériaux mesure son degré de turbidité (*Mamine et al, 2019 ; Lakhili et al, 2015*).

#### ***1.3.1.4 Couleur***

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. En générale, la couleur des eaux usées est grisâtre qui devient noirâtre avec le temps (*Daffri, 2017*).

#### ***1.3.2 Paramètres chimiques***

##### ***1.3.2.1 Potentiel de l'hydrogène (pH)***

Le **pH**, mesure de l'acidité d'une solution, est définie par l'expression :  $\text{pH} = -\log \text{H}^+$  Où ( $\text{H}^+$ ) est l'activité de l'ion hydrogène  $\text{H}^+$  dans la solution (*Ramade, 1998*). Cette mesure est très importante car elle conditionne les équilibres physico-chimiques. Le **pH** des eaux usées varie beaucoup selon la nature du rejet. Les variations de **pH** sont liées à des apports extérieurs d'acidité. Le **pH** n'a pas une incidence écologique directe forte entre 5 et 9 (*Gaujous, 1995*).

##### ***1.3.2.2 La Conductivité électrique***

Dans une solution, la conductivité électrique est proportionnelle à la concentration en équivalent-gramme du sel dans la solution, multipliée par le coefficient de dissociation ionique de ce sel. Elle constitue une bonne appréciation des matières en solution (*Afri-Mehannaoui, 1998*). Une conductivité élevée traduit, soit des **pH** anormaux, soit le plus souvent une minéralisation élevée (*Tableau 1*) et elle varie en fonction de la température. La salinité d'une eau a une influence sur la vie aquatique. En effet les organismes vivants dans les eaux subissent une pression osmotique exercée par des sels dissous (*Afri-Mehannaoui, 1998*).



**Tableau 1:** Relation entre la conductivité et la minéralisation (*Rejsek, 2002*).

<i>Conductivité (µs/cm)</i>	<i>Appréciation</i>
Conductivité < 100 µs/cm	Minéralisation très faible
100 µs/cm < conductivité < 200 µs/cm	Minéralisation faible
200 µs/cm < conductivité < 300 µs/cm	Minéralisation moyenne accentuée
333 µs/cm < conductivité < 600 µs/cm	Minéralisation moyenne
666 µs/cm < conductivité < 1000 µs/cm	Minéralisation importante
Conductivité > 1000 µs/cm	Minéralisation excessive

### ***1.3.2.3 L'Oxygène dissous***

L'oxygène dissous est un composant essentiel de l'eau car il soutient la vie de la faune et régule les réactions biologiques qui se produisent dans les écosystèmes aquatiques. Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable à la biodégradation des polluants principalement générés par les bactéries aérobies. En raison de la forte concentration de composés réducteurs et de l'activité des micro-organismes présents, leur concentration dans les eaux usées brutes est très faible, proche de zéro (*Rejsek, 2002*).

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

La Demande Chimique en Oxygène (**DCO**) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non, contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$  à 150 °C. Elle est exprimée en **mg O<sub>2</sub>/L**. La valeur du rapport **DCO/DBO<sub>5</sub>** indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine (*Rejsek, 2002*).

### ***1.3.2.5 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)***

Selon *Rejsek (2002)*, la demande biochimique en oxygène mesurée au 5 jours (**DBO<sub>5</sub>**) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

La moyenne pondérée de la **DCO** et la **DBO** mesurée après décantation pendant 2h suivant la formule: **(DCO + 2 DBO<sub>5</sub>) / 3** correspond aux matières existantes. Le rapport entre la DCO et



la DBO<sub>5</sub> constitue une mesure indicative de la dégradabilité biochimique des composés présents dans l'eau (*Rodier et al, 2009*) :

- Si  $DCO/DBO_5 > 3$  La majorité de la MO existante est non biodégradable.
- Si  $DCO/DBO_5 < 3$  La majorité de la MO existante est biodégradable.

Le rapport détermine le choix de la filière de traitement à adopter. Si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique (*Metahri, 2012*).

Selon *Ouali (2001)*, les eaux résiduaires urbaines sont correctement biodégradables si elles ne contiennent pas de composés toxiques tels que surfactants ou produits pétroliers. La valeur du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> d'une eau usée mixte nous permet d'avoir une idée sur sa biodégradabilité

- $DCO/DBO_5 \sim 1$  → bonne biodégradabilité
- $DCO/DBO_5 \sim 1.5$  à  $2.0$  → biodégradabilité moyenne
- $DCO/DBO_5 \sim 3.0$  à  $4.0$  → biodégradabilité faible.

#### ***1.3.2.6 L'azote***

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total (*Rodier, 2005*).

L'azote dans l'eau usée est présent essentiellement à l'état soluble. Il peut se trouver sous les deux formes suivantes: l'azote organique, qui provient surtout des excréments d'animaux et humaines, et des rejets d'industries agro-alimentaires; ou bien l'azote ammoniacal, originaire des rejets industriels ou de la transformation de l'azote organique. Les rejets des eaux épurées des stations d'épuration où l'élimination de l'azote n'est pas totale peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel (*Rejsek, 2002*)





Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond aux formes ionisées ( $\text{NH}_4^+$ ) et non ionisées ( $\text{NH}_3$ ) de cette forme d'azote. L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée ( $\text{NH}_4^+$ ) (*Rejsek, 2002*).

Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes :



### ***1.3.2.7 Le phosphore***

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des orthophosphates. L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable et minéralisation, le phosphore organique. Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparé analytiquement en orthophosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique. Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de  $\text{PO}_4$  ou de  $\text{P}_2\text{O}_5$   $1\text{mg/L PO}_4 = 0,747\text{ mg/L P}_2\text{O}_5 = 0,326\text{ mg/L P}$  (*Rodier, 2005*).

La forme assimilée par les bactéries est l'orthophosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Le phosphate organique doit être converti en orthophosphate avant d'être utilisé, et cette conversion nécessite du temps (*Benameur, 2018*).

### ***1.3.3 Caractéristiques microbiologiques***

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes (*Belaid, 2010*).



## I.4 Les normes des eaux de rejet

Par définition, les normes de rejets sont les quantités maximales de matières polluantes qui pourront être rejetées dans un milieu récepteur donné, appelées normes de rejets. Elles répondent à des lois nationales et/ou internationales qui peuvent être adaptées localement par arrêté préfectoral. Il existe plusieurs textes législatifs et réglementaires qui définissent ces normes de rejets comme l'Organisation Mondiale de la Santé (**OMS**) (**WHO, 1989**), la directive européenne (**Gaid, 2007**) et les normes Algériennes (**ONA, 2013**) (**Tableau 2**).

**Tableau 2 :** Normes de rejet des eaux usées :OMS, européenne et Algérienne -ONA.

<i>Caractéristiques</i>	<i>Unités</i>	<i>Normes OMS (WHO, 1989)</i>	<i>Normes européenne (Gaid, 2007)</i>	<i>Normes (ONA, 2013)</i>
<i>pH</i>	-	6,5-8,5	5,5 à 9,5	6,5 à 8,5
<i>Température</i>	°C	<30	< 30 °C, un écart de 5°C est toléré	30
<i>DBO5</i>	mg/l	<30	25	≤30
<i>DCO</i>	mg/l	<90	125	≤90
<i>MES</i>	mg/l	<20	35	≤30
<i>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></i>	mg/l	<0,5	/	/
<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	mg/l	<2	2 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et  6 000 kg/jour. 1 mg/l pour une charge brute de pollution > 6000 kg/jour.	/



## I.5 Impacts des rejets des eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines transportent des corps en suspension et en solution comme les produits ménagers. Les stations d'épuration ne traitent que 65% des eaux usées et ne traitent généralement pas les composés chimiques en solution. Certains composés organiques notamment les phosphates sont à l'origine de déséquilibres des écosystèmes en favorisant par excès le développement de certains végétaux indésirables qui consomment de l'oxygène du milieu jusqu'à priver les animaux qui s'y trouvent. (*Tababouchet, 2017*)

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.5.1 Les différents phénomènes d'impact

Lors d'un rejet, il se produit une cascade d'événements qui vont chacun à leur niveau perturber l'écosystème. Ces phénomènes peuvent être classés sur trois niveaux (*Chocat et al, 1993 ; Brelot et Chocat, 1996*):

- *Les impacts physico-chimiques*, qui ne font intervenir que le paramètre de pollution considéré indépendamment des autres polluants. Ce premier niveau, défini comme étant l'effet par est la conséquence directe et immédiate de l'augmentation de la concentration d'un produit donné dans l'eau (*Chocat et al., 1993*):
  - Le second niveau, est l'*impact bio-chimique*, qui regroupe l'ensemble des réactions biochimiques qui se produisent dans le biotope: autoépuration, relargage, consommation d'oxygène due à la dégradation de la matière organique, etc.
  - Le troisième niveau est l'*impact biologique*. Il peut être relatif soit aux conséquences directes des rejets sur la biocénose, soit aux conséquences en cascade provoquées par les impacts des deux niveaux précédents.

### I.5.2 Impacts 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.



- 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,..(*Ivanowsky, 2016*).

**L'eutrophisation** : ce mot signifie « bien nourri » ou l'enrichissement de l'eau en éléments nutritifs, notamment des composés de l'azote et/ou du phosphore, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux d'espèces supérieures (*Figure 3*) qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau en question, ce qui provoque à long terme la mort de nombreux organismes vivants au sein du milieu aquatique (poissons, crustacés, etc.)(*Ramade, 1998*). Suite à l'eutrophisation des eaux il se produit également des effets potentiellement négatifs on cite en particulier un envasement plus rapide et une apparition de vase putride et malodorante et une obstruction mécanique du lit des cours d'eau (risque d'inondations, obstacles à la pêche).



*Figure 3: Eutrophisation des eaux de surface (Dorothee, 2019)*

- L'incidence des rejets sur notre environnement peut s'apprécier au regard des élévations de températures, des modifications du pH, des consommations d'oxygène du milieu ainsi que des effets spécifiques inhérents à chaque polluant. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes. Les modifications de température de



pH, perturbent le développement normal de la faune et de la flore. Le rejet de matière organique entraîne une surconsommation d'oxygène par les microorganismes et en prive d'autant les poissons. Les matières en suspension conduisent aussi au colmatage des branchies des poissons. L'eau peut véhiculer de nombreux types de polluants et favoriser dans certaines conditions le développement de microorganismes. Les maladies liées à la présence d'éléments pathogènes ou de molécules toxiques sont très répandues. Les parasitoses d'origine hydrique dominent très largement la pathologie des habitants du tiers monde. L'eau peut transmettre des virus, bactéries, parasites et des contaminants chimiques, qui menacent la santé humaine par ingestion (*UNICEF, 2000*).

- La présence des éléments traces métalliques comme le mercure et l'arsenic dans ces eaux peut avoir un impact négatif sur les organismes vivants les plus fragiles en raison de leur toxicité même à faibles doses, provoquant des dysfonctionnements et des troubles dans leurs fonctions physiologiques (nutrition, respiration et reproduction) (*Ivanowsky A, 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 MS, 2012*).

### ***1.5.3 Impacts 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 (*Djagodo et al, 2017*)

Les maladies hydriques peuvent être classées selon des catégories différentes (*Some et al, 2014*) :

- Maladies transmises par l'eau (parasites, bactéries, virus).
- Infections de la peau et des yeux.
- 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), 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*)

#### *1.5.4 Impacts sur l'écosystème*

Les impacts des rejets urbains par temps de pluie sur un milieu aquatique donné dépendent tout autant de la quantité et de la nature des rejets que de la nature et de l'état du milieu récepteur (*Figure 4*). C'est sans doute pour cette raison que leur étude est aussi difficile (*Chocat et al, 1993*). La typologie proposée se contente de recenser et de commenter brièvement les types d'impacts le plus souvent observés, dans des pays dits développés, et pour lesquels la responsabilité des rejets urbains par temps de pluie (*Figure 5*) a pu être mise clairement en cause.



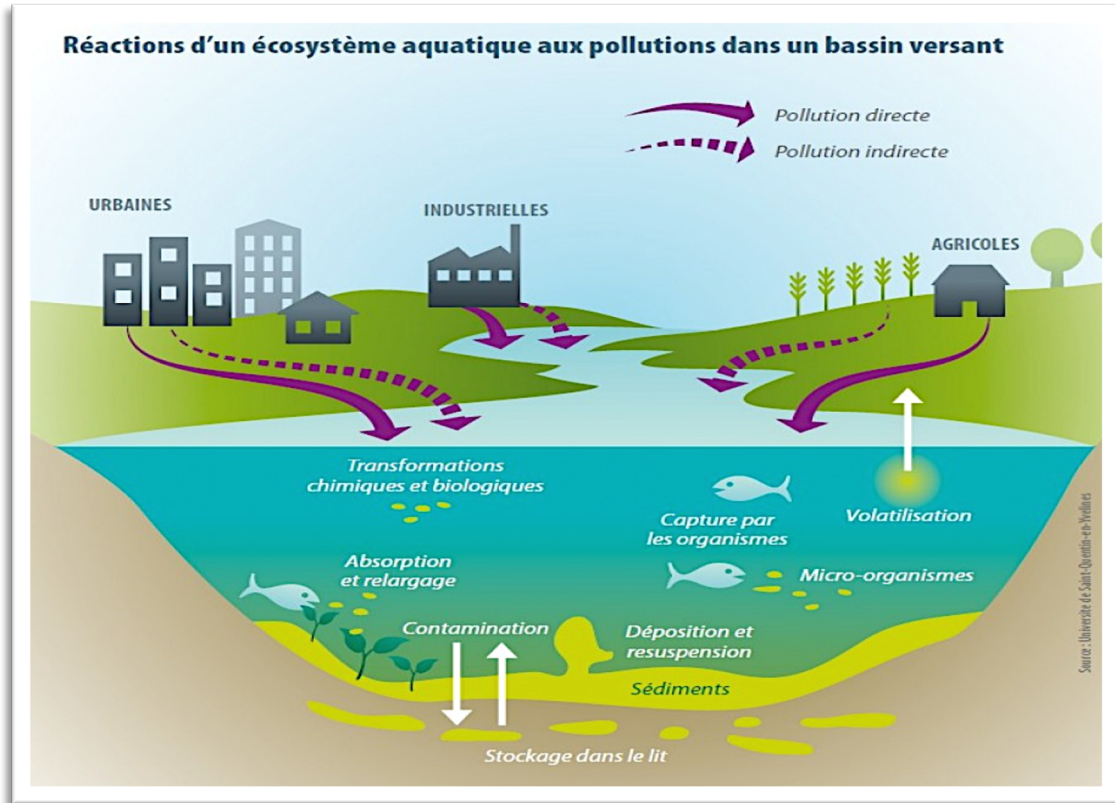


Figure 4: Réaction d'un écosystème aquatique aux pollutions dans un bassin versant. (<https://www.osi-perception.org/La-pollution-de-l-eau-un-fleau-invisible.htm>)



Figure 5 : Les rejets urbains de temps de pluie par les déversoirs d'orage sont généralement considérés comme des rejets diffus (<http://wikhydro.developpement-.....>)



### ***1.5.5 Impacts hydrauliques et morpho-dynamiques***

Dans le cas où le milieu récepteur est constitué par une petite rivière, les rejets urbains peuvent être suffisamment forts pour affecter profondément son régime hydraulique : augmentation de la fréquence et de la sévérité des crues, remise en suspension des sédiments, érosion des berges, modification du lit... Par ailleurs les très fortes quantités de matières en suspension rejetées lors des précipitations sont souvent à l'origine d'un envasement important du lit pouvant modifier le régime de la rivière, détruire des zones de frayères, augmenter la sévérité des inondations en cas de crue,... (*Chocat et al,1993*)

### ***1.5.6 Impacts dus aux micropolluants organiques et minéraux***

Les impacts dus aux micropolluants dont les sources sont différentes (*Figure 6*) présentent plusieurs particularités:

- L'activité des micropolluants, en particulier des métaux lourds, dépend beaucoup de leur forme physico-chimique, qui dépend elle-même des conditions extérieures. Par exemple, des granules de plomb, inertes sous une forme métallique stable peuvent se solubiliser et devenir extrêmement dangereux si le pH diminue (*Flores-Rodriguez, 1991*). De la même manière, les complexes organo-métalliques peuvent être beaucoup plus dangereux ou au contraire beaucoup moins dangereux que chacune des deux espèces isolées (le métal et le complexant).

- La plupart des micropolluants sont stockés dans les sédiments et sont soumis à des relargages lents (ingestion par les vers et introduction dans la chaîne alimentaire où ils sont susceptibles de se concentrer) ;

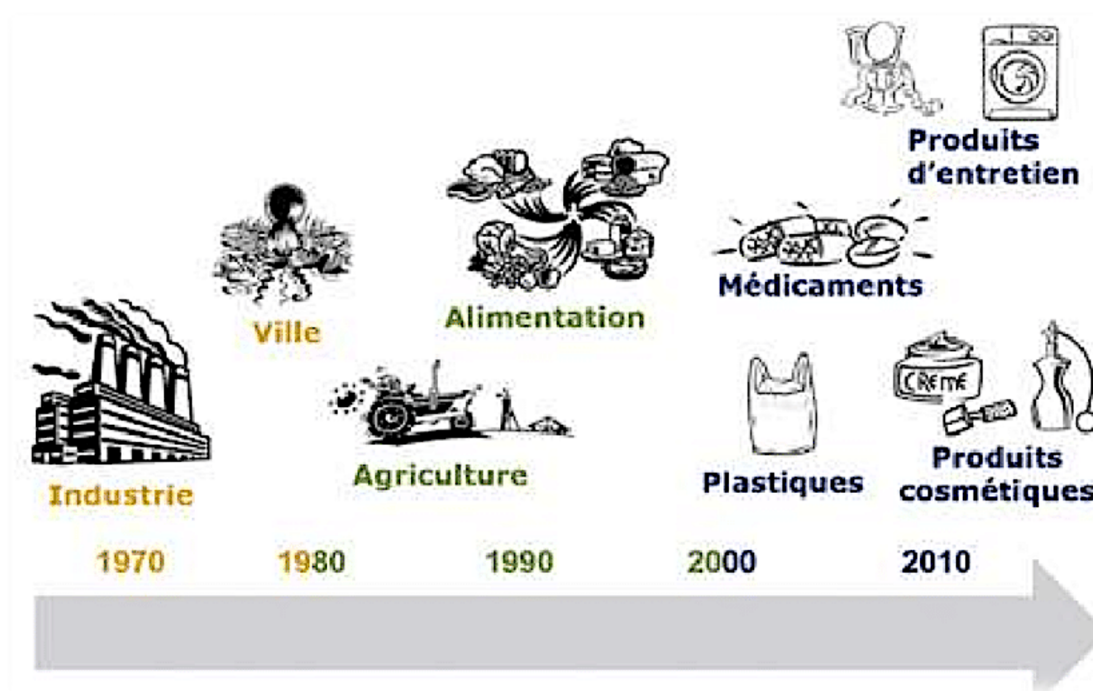
-La rémanence de ces polluants est très grande, et leur domaine spatial d'influence est également important.

En premier lieu, il apparaît que les concentrations dans les rivières, même après des rejets urbains de temps de pluie, sont généralement très inférieures aux seuils létaux, particulièrement pour les métaux.. Il est cependant nécessaire de tenir compte de la synergie entre les polluants D'après *Enserink et al (1991)*, la toxicité conjointe de plusieurs métaux





semble être légèrement supérieure à la somme des toxicités de chacun), d'éventuels effets sublétaux, ainsi que des effets d'accumulation le long de la chaîne alimentaire.



**Figure 6 :** Évolution de la prise de conscience des sources de micropolluants (modifié par Briand et al. (2018) d'après Moilleron, 2016).

### 1.5.7 Impacts dus aux hydrocarbures

Les hydrocarbures proviennent très majoritairement du lessivage de l'essence, de l'huile et des produits de combustion déposés sur les surfaces urbaines. Leur origine pluviale est donc avérée. Ils constituent l'un des éléments les plus visibles de la pollution par les eaux pluviales par les irisations qu'ils produisent à la surface. Ces dernières, sont dues à un film extrêmement fin qui limite les échanges entre l'eau et l'air et diminue considérablement les possibilités de réoxygénation de l'eau par dissolution de l'oxygène atmosphérique. Il est cependant important de noter que seule une faible partie des hydrocarbures contenus dans l'eau est transportée en surface de cette façon, la partie principale étant fixée sur les matières en suspension (Chebbo, 1992).



L'essence, lors de sa combustion, produit des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), réputés fortement cancérigènes. La rémanence de cette forme de pollution est généralement relativement faible, les films d'hydrocarbures étant dégradés en quelques jours ou quelques semaines par voie bactérienne *et/ou* par voie physico-chimique (réaction aux rayonnements ultra-violets). La dégradation des hydrocarbures fixés sur les matières en suspension est cependant plus lente et les HAP sont eux fortement rémanents.

## I.6 Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons donné un aperçu sur les eaux usées urbaines de point de vue origine, paramètres de qualité et effets sur le milieu récepteur et l'être humain. Il en ressort que le risque de pollution après avoir rejeté ces eaux dans la nature sans traitement est due à la présence de plusieurs paramètres de pollution comme : un fort taux de matières organiques indésirables,  $\text{NH}_3\text{-N}$ , P,...

Les exigences de protection du milieu récepteur ont imposé aux législateurs d'imposer de normes de qualité pour ces eaux à la sortie des stations d'épuration. Le type de la station d'épuration ( traitement biologique ou physico-chimique ) sera exigé selon la qualité de l'eau usée.



## *Chapitre II :*

Enquête sur les rejets des eaux usées de  
la ville de Biskra

## II.1 Introduction

Depuis existence, Biskra était une plaque tournante entre le nord et le Sud. De part sa situation géographique, son climat, ses ressources naturelles, surtout agricoles, elle a connu le passage de toutes les civilisations, depuis les romains en passant par les arabes, jusqu'aux Français. Actuellement à Biskra, les eaux usées sont collectées et rejetées dans la nature sans épuration préalable. Ces eaux présentent cependant un risque certain pour la santé publique, et participent en outre à la pollution des nappes superficielles qui engorgent les zones basses des oasis (ANAT, 2003).

Le présent chapitre va être consacré pour présenter des données générales sur la ville de Biskra. Une description générale que nous avons établie, après nos sorties sur terrain, des bassins et les réseaux de collecte des eaux usées sera également exposé.

## II.2 Données générales sur la ville de Biskra

### II.2.1 Situation géographique

Biskra est une commune du Nord – Est du Sahara Algérien (Figure 7). Le chef-lieu de la Wilaya de Biskra est situé à 480 Km environ au Sud-est d'Alger. La ville a une superficie de 127.55 Km<sup>2</sup> (12755 hectares), sa population est d'environ 266 763 habitants. Biskra se trouve à une altitude de 124 m, latitude est de 34,48° de latitude nord, à une longitude de 5,73° Est et à 87 m d'altitude (Guehiliz, 2016).

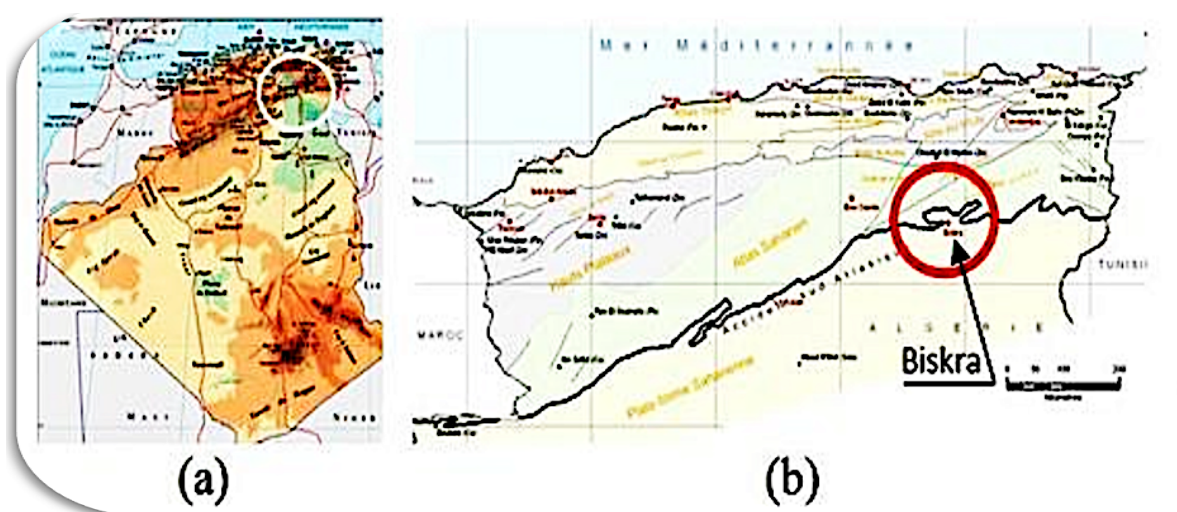


Figure 7:(a) et (b), Situation géographique de la ville de Biskra (Hanafi et Alkama, 2016)



Le taux d'accroissement naturel moyen dans la Wilaya de **BISKRA** est de **3,2%** .

Reconnue par son activité Agro-pastorale et surtout par la culture de la Datte (Phoeniculture), Wilaya de la 3<sup>ème</sup> génération elle a bénéficié comme les autres nouvelles Wilayas des programmes de développement Nationales dans tous les secteurs (Agricoles, Industriels, Services ...). Ce qui lui a confère un rôle important à jouer tant sur le plan local que régional. De son chef lieu de **BISKRA** détient les trois titre administratifs chef-lieu de commune, de Daïra, de Wilaya, Elle est entourée par les communes suivantes : **EL HADJEB, OUMACHE, SIDI OKBA, CHETMA, BRANIS et AL OUTAYA**.

### II.2.2 Relief et Topographie

La région de **BISKRA** forme une jonction entre deux entités naturelles distinctes qui sont la zone montagneuse relativement accidentée (Monts des Aurès et du ZAB) et la zone de plaine vaste et plate ouverte sur le Sahara au Sud. Par ailleurs **DJEBEL BOUGUEZEI** dont l'altimétrie ne dépasse guère les **435 M**, de forme voûtée ceinture la commune de **BISKRA** au Nord et sépare le domaine Saharien ou se trouve la Quasi-totalité des **OASIS** de la Wilaya. Au Sud, la vaste plaine monotone et plate dont les altitudes sont peu élevées et nettement inférieur à **100m** s'abaissait progressivement du Nord au Sud et de l'ouest vers l'est.

### II.2.3 Géologie

Les terrains de la région sont d'origine sédimentaire (**Figure 8**) qu'elle soit ancienne ou récente, lastratigraphie fait ressortir les éléments suivantes: Les sédiments rencontrés le plus fréquemment sont le tria, le jurassique et le continental *intercalaire* (**ANAT,2009; A.N.D.I ,2013**).

- Le quaternaire ancien à base de cailloutis
- L'ensemble des failles, des flexures et autres déformations tectoniques et du point de vue lithologique, ces terrains sont à dominante calcaire, dolomies marnes, argiles, sables, grès et sel gemme.



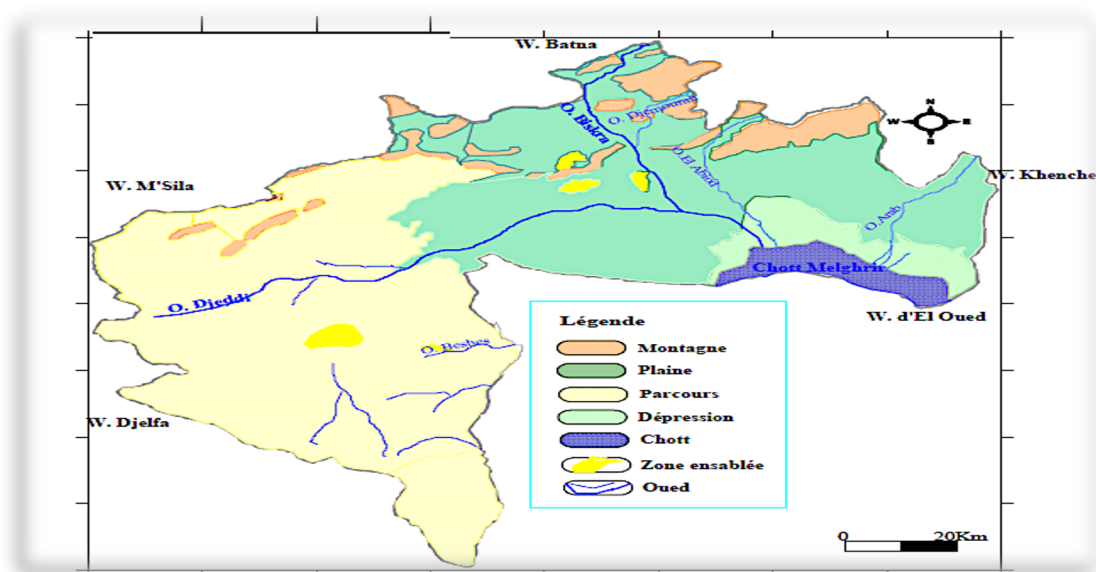


Figure 8 : Carte géologique de la wilaya de Biskra (Khechai et Deghiche, 2019)

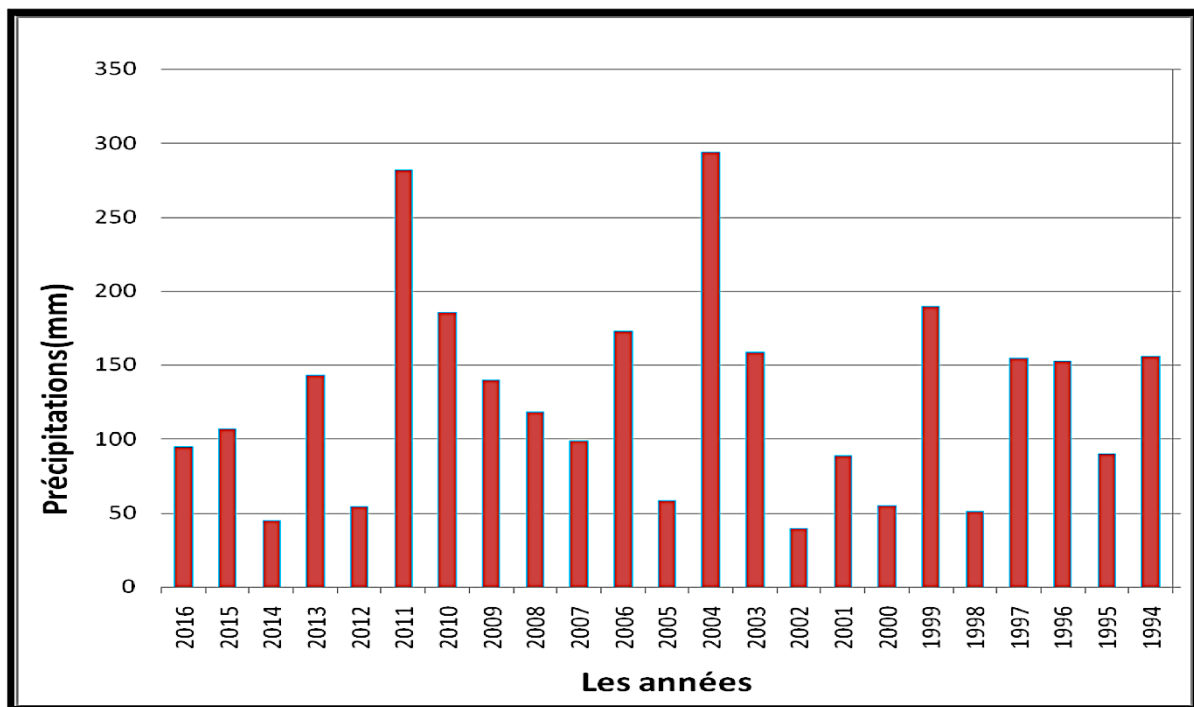
#### II.2.4 Données Climatiques

La région de **BISKRA** comprend deux climats distincts un été chaud et très sec ; un hiver froid et sec. Compte tenu des taux de précipitations des 20 dernières années, la région de Biskra marque un tau de précipitation de 0 à 200 mm, à l'exception des zones de montagnes et des années pluvieuses.

Cependant, le taux de précipitation n'est pas un indicateur fort du climat de la région car la quantité et l'importance de la chute de ces pluies sont très importantes. 60 à 70% de la quantité de pluie peut être confinée à la saison froide et tomber sous la forme de fortes pluies en une inondation provoquant une érosion des sols et des dommages à l'agriculture.

La quantité de pluie qui tombe dans la région d'étude est enregistrée dans les 20 ans présents dans la figure suivante :





**Figure 9:** Précipitations mensuelles moyennes enregistrées à la station de Biskra en 20 ans (Makaoui, 2019)

Les précipitations suivantes ont été enregistrées en 2016, elles sont estimées par 95,1 mm. C’est une bonne somme si l’on compare avec l’année précédente où elle avait atteint 143,5 mm. Notons que la plus grande quantité de précipitations connue de l’état a atteint 294,1 mm en 2004 (M.D.W.B, 2016; A.D.E).

### II.3 Données sur les bassins et le réseau de collectes des eaux usées de la ville de Biskra

La ville de Biskra est dotée en effet, d’un réseau d’assainissement relevant en totalité d’un système unitaire, où l’ensemble des eaux usées et pluviales sont évacuées en commun. Un réseau vétuste et insuffisant qui ne couvre pas la totalité du périmètre urbain. On relève L’absence quasi-totale de réseau d’assainissement dans certains quartiers (El Alia, vieux Biskra, Sidi Ghezal....) où le recours aux fosses szeptiques et rejets en pleine nature constituent une atteinte à la santé publique (Azioune et al, 2018).

A titre indicatif la wilaya de Biskra se caractérise par un débit très important des eaux usées (44,73 Hm<sup>3</sup>/ an), la ville a elle seule évacue 12,64 Hm<sup>3</sup>/an, ces eaux vont vers les différents effluents et rejets: Oued Biskra, Oued Zemour et Chaâbet Roba (Benmalek et Chaib, 2018).



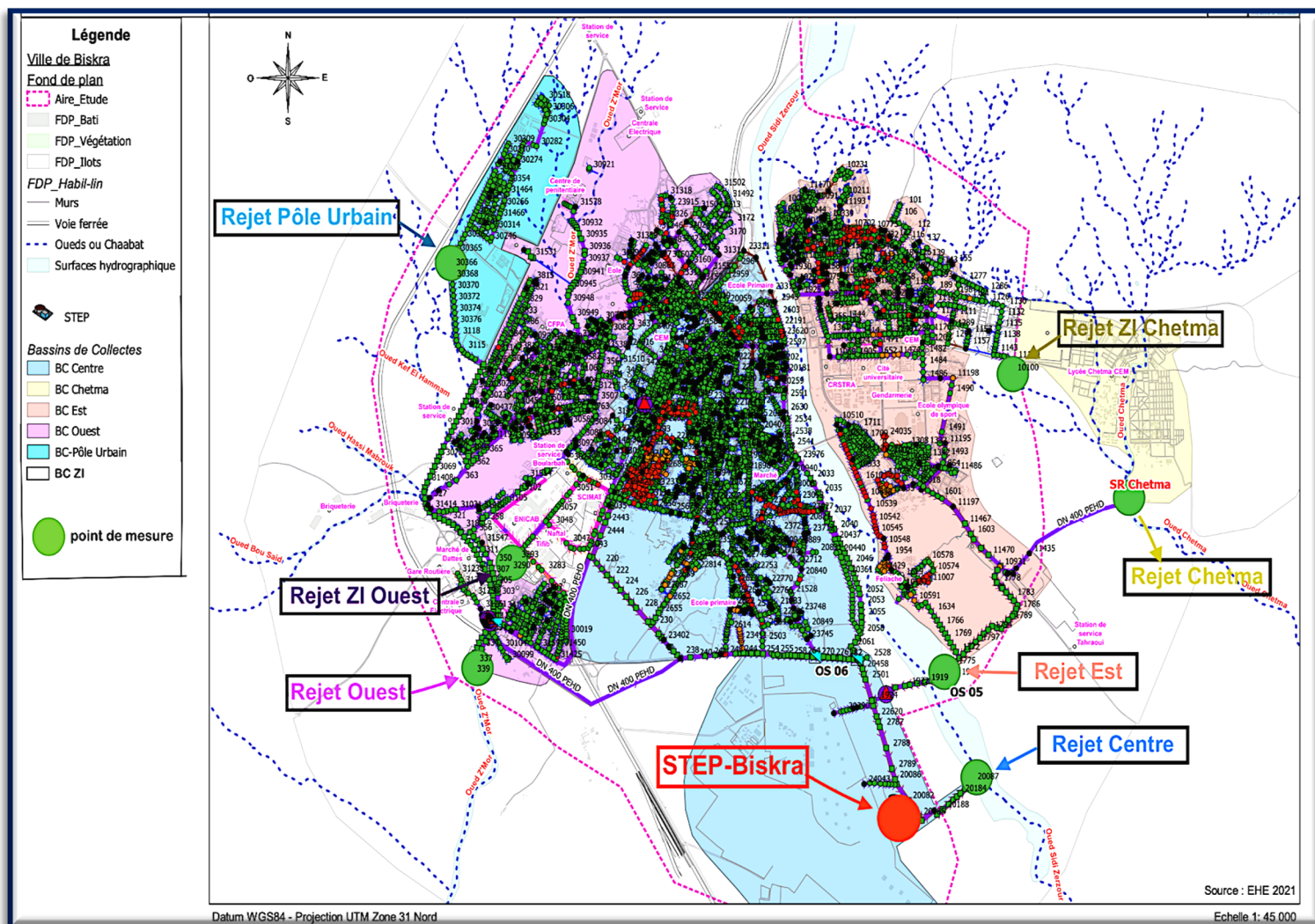
Selon l'enquête menée par le bureau d'études hydrauliques et environnement (BET-EHE) au cours de l'année 2021-2022, il semble que le réseau de collecte des eaux usées de la ville de Biskra draine 06 bassins de collectes : **Centre, Chetma, Est, Ouest, Pôle Urbain et Zone Industrielle (Figure 10)**.

Selon les explications de Monsieur **Youcef Sofiane** (Ingénieur contractuel au bureau d'étude BET-EHE) et selon notre enquête sur terrain, le réseau comprend sept (07) collecteurs principaux :

- ◆ **Collecteur n° 01 (Zone Ouest)** : collecte les eaux usées domestiques de la zone de Sud-ouest de Biskra (Sidi Ghzel ), rejet vers oued Z'mor.
- ◆ **Collecteur n° 02 (Zone Centre)** : collecte les eaux usées urbaines du centre-ville de Biskra, rejet vers Oued Sidi Zerzour, à la rive gauche de l'Oued.
- ◆ **Collecteur n° 03 (Chetma Zone Urbaine)** : collecte les eaux usées domestiques de la ville de Chetma, rejet vers Oued Chetma.
- ◆ **Collecteur n° 04 (Chetma Zone Industrielle)** : collecte les eaux usées de la zone industrielle Chetma, rejet vers une chaaba proche du pôle universitaire .
- ◆ **Collecteur n° 05 (Zone Est)** : collecte les eaux usées domestiques du partie Est (El Alia et Felliache, rejet vers oued Sidi Zerzour, à la rive droite de l'oued
- ◆ **Collecteur n° 06 (Zone Industriel ouest)**: collecte les eaux usées de la zone industrielle de la ville de Biskra. Ce collecteur se rencontre avec le collecteur n°1 et rejettent vers Oued Z'mor.
- ◆ **Collecteur n° 07 (Pôle Urbain)** : collecte les eaux usées domestiques de la zone urbaine. Ce collecteur va être branché avec le rejet ouest mais les travaux sont en cours de réalisation.







**Figure 10** : Plan du réseau d’assainissement et délimitation et caractérisation des bassins de collectes de la ville de Biskra (carte obtenue sous la permission du bureau d’étude BET-E.H.E, la légende est modifiée par Ibtihel Hiouani).



### II.3.1 Localisation des sites de rejets

Les sorties sur terrain que nous avons menés dans la ville de Biskra nous ont permis d’avoir une idée claire et réelle sur les points de rejet des eaux usées à la sortie des collecteurs du réseau d’assainissement existant. Nous avons constaté que dans la ville de Biskra il existe plusieurs points de rejets des eaux usées et qui ne sont pas encore branchés vers la station d’épuration des eaux (STEP). Parmi ces points on a ciblé les rejets de plus grands débits et qui ont un impact alarmant sur l’environnement récepteur. Nous avons classé ces points en six (06 sites).

#### II.3.1.1 Site I - Rejet Zone Urbaine Chetma

Les eaux de rejet de la zone urbaine Chetma arrivent au site I (*Figure 11*) à travers un collecteur en béton de diamètre **1200 mm** et diverse un débit moyenne de **152,06 m<sup>3</sup>/h**. Les eaux usées de ce rejet sont purement urbaines provenant de la ville de Chetma.

**Chetma** est située dans les Ziban, dans le Zab chergui (oriental), à l'Est-Nord-Est de la ville de Biskra dans la basse-vallée de l’Oued Abiod, dans le piémont de l’Aurès.



*Figure 11 : Site 1-Rejet zone urbaine Chetma (Photos prises le 06 Décembre 2021)*

### II.3.1.2 Site II- Zone Industrielle Chetma

Les eaux usées de la zone industrielle de Chetma sont un mélange de deux importants sources des eaux usées étant l'abattoir des frères Ben Aissa et le park des bus des frères Amouri. Ces eaux arrivent au site II (*Figure 12*) à travers un collecteur en béton de diamètre *1000 mm*.



*Figure 12* : Site II- Rejet Zone Industrielle Chetma (*Photos prises le 06 Décembre 2021*)

**II.3.1.3 Site III -Zone Est**

Le site III (*Figure 13*) recueille les eaux usées urbaines des parties orientales de Biskra étant El Alia et Felliache. Le collecteur déversant dans ce site est en béton et se caractérise par un diamètre de *1200 m* et un débit moyen de *531,8 m<sup>3</sup>/h*.



*Figure 13: Site III-Rejet Zone Est (Photos prises le 06 Décembre 2021)*

#### II.3.1.4 Site IV-Zone Centre Biskra

Dans ce site (*Figure 14*) on déverse les eaux usées urbaines du centre-ville de Biskra par un collecteur en béton de diamètre *1500 mm* et de débit moyen de *913,9 m<sup>3</sup>/h*.



*Figure 14* : Site IV-Rejet Zone Centre Biskra (*Photos prises le 06 Décembre 2021*)

### II.3.1.5 Site V-Zone Pôle Urbain

Le site V (*Figure 15*) reçoit les eaux usées du pôle urbain N°2 de la ville de Biskra. Ces eaux sont collectées par un collecteur en PRV (Polyster Renforcé de Fibres de Verre) et caractérisé par un diamètre de *1000 mm* et un débit moyen de *76,4 m<sup>3</sup>/h*.



*Figure 15: Site V-Rejet Pôle Urbain Biskra (Photos prises le 06 Décembre 2021).*

### II.3.1.6 Site VI -Zone Ouest

Ce site (*Figure 16*) reçoit les eaux usées collectées de la Zone Ouest de la ville de Biskra, de Sidi Ghzel et de la zone industrielle de la ville de Biskra. Le collecteur déversant dans ce site est en béton et est de diamètre de *1200 mm* et d'un débit moyen de *219,95 m<sup>3</sup>/h*.



*Figure 16* : Site VI - Rejet Zone Ouest Biskra (*Photos prises le 06 Décembre 2021*)

### II.4 Projets des STEP dans la wilaya de Biskra

La wilaya de Biskra a bénéficié de plusieurs programmes d'assainissement en cours y compris la réalisation des stations d'épuration des eaux usées.

#### II.4.1 Taux d'avancement des projets

La wilaya de Biskra dispose des projets de stations d'épuration des eaux usées qui sont actuellement en phase expérimentale ou en cours de réalisation. Les projets existants sont celui de la station d'épuration à la commune d'El Outaya (en phase expérimentale) et celle d'El Kantara (en phase expérimentale). Les services des ressources en eau ont élaboré, de leur côté, plusieurs études pour la réalisation d'une nouvelle station de traitement par lagunage des eaux usées à la commune d'Ourlal qui couvrira 10 communes de Biskra Ouest (étude finalisée), en sus d'une autre étude pour la réalisation des systèmes de traitement par lagunage des eaux usées au niveau des communes de Zeribet El Oued, Ain Zaatout et M'Chounech. Ces projets seront inscrits dans les programmes futurs après mobilisation de l'enveloppe financière par les services concernés (*Algérie presse service, 2021*).

Un projet a été lancé pour la réalisation d'un STEP à boues activée pour l'épuration des eaux usées de la ville de Biskra et collectant les eaux des bassins délimités dans la **Figure 18**. Le taux d'avancement du projet de la STEP de la ville de Biskra a atteint les **48%** avant l'arrêt des travaux, ce qui a poussé les services de l'ONA à engager les procédures de résiliation du contrat avant de reprendre les travaux et lancer un nouvel appel d'offre pour régler le problème d'assainissement et préserver l'environnement à cette wilaya.

#### II.4.2 Données sur la STEP de la ville de Biskra

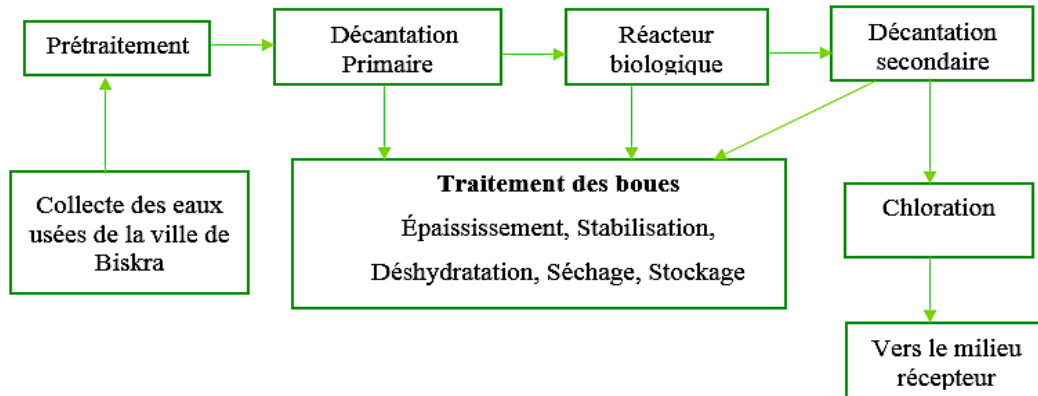
Les sociétés responsable sur la réalisation de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Biskra sont : Hydro-Aménagement, la société Brésilienne Companhia de Saneamento de Minas Gerais ( *COPASA*) et *DAM* (Digital Asset Management).

D'après les données que nous avons obtenues de la part des ingénieurs de l'ONA-Biskra en décembre 2021, la STEP est conçue à recevoir les eaux usées des collecteur des bassins des zones Ouest, Est, Centre, Chetma et pôle urbain. A titre de **330000 Equivalent habitant**, le débit moyen entrant à la station sera de **2292 m<sup>3</sup>/j** avec un débit de pointe de **3667 m<sup>3</sup>/j** et un volume total des eaux usées de **55000 m<sup>3</sup>/j**.

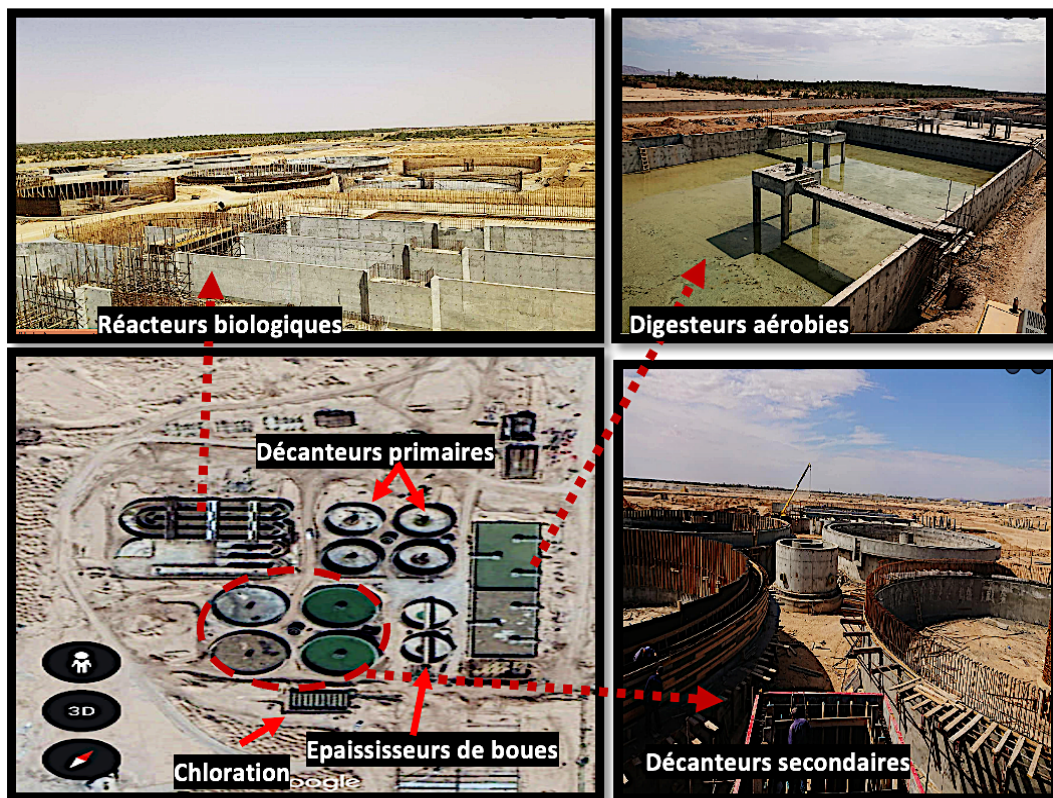




La chaîne de traitement au niveau de cette station est illustrée dans la **Figure 17**. Dans la **Figure 18** on peut voir une vue en plan de la partie réalisée de cette station.



**Figure 17 :** Étapes prévues de l'épuration des eaux usées au niveau de la STEP de la ville de Biskra (schéma dressé par Ibtihel Hiouani selon les explications des ingénieurs de l'ONAT et du site : <https://www.facebook.com/HydroAmenagement/photos> )



**Figure18 :** Station d'épuration des eaux usées de la ville de Biskra en cours de réalisation (Les photos ont été regroupées par Ibtihel Hiouani à partir du site <https://www.facebook.com/HydroAmenagement/photos> )



### II.5 Conclusion

De ce chapitre il en ressort que :

- Actuellement à Biskra, les eaux usées sont collectées et rejetées dans la nature sans épuration préalable.
- La ville de Biskra est dotée d'un réseau d'assainissement relevant en totalité d'un système unitaire considéré comme vétuste et insuffisant pour couvrir la totalité du périmètre urbain.
- Dans la ville de Biskra il existe plusieurs points de rejets des eaux usées et qui ne sont pas encore branchés vers la station d'épuration des eaux (STEP).
- Un projet de réalisation d'une STEP pour la ville de Biskra a été lancé Malheureusement, le taux d'avancement du projet n'a atteint à ce jour que les 48% avant l'arrêt des travaux en attendant. Cet effet laisse a souligner que cette situation aggrave un risque certain pour la santé publique et le milieu récepteur.



# *Chapitre III :*

Matériel et méthodes des analyses  
physico-chimiques des eaux  
usées.

### III.1 Introduction

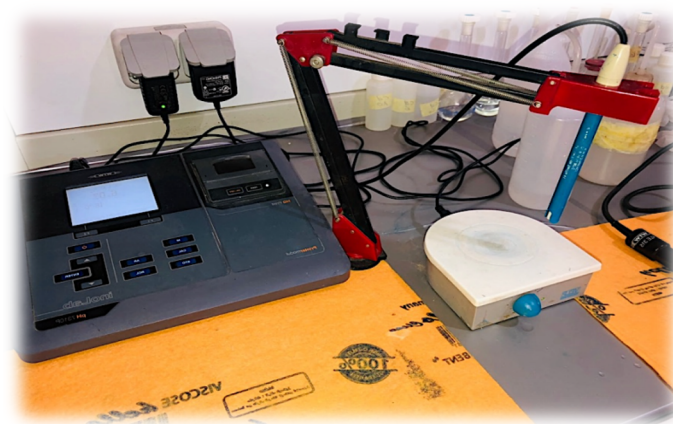
Ce chapitre présente la méthodologie suivie pour la réalisation de la partie expérimentale de notre étude.

Nous allons présenter une description des caractéristiques des solutions et des réactifs utilisés. Les méthodes de dosage des paramètres physico-chimiques des échantillons prélevés des différents points des rejets. Comme nous l'avons signalé dans l'introduction générale de ce mémoire, **vue le manque des moyens**, nous n'avons pas pu faire le suivi de la qualité biologique.

### III.2 Méthodes de dosage

#### III.2.1 pH

On a mesuré le pH des échantillons d'eau à l'aide d'un pH mètre **HANNA** instruments (pH 210) (*Figure 19*). L'étalonnage de l'appareil a été effectué en utilisant deux solutions tampons **pH = 7** et **pH = 4**.



*Figure 19* : pH mètre utilisé au niveau du laboratoire pour mesurer le pH des échantillons

Le mode opératoire a été suivi par ces étapes :

- Tremper l'électrode dans la solution tampon pH=7, laisser stabiliser un moment
- Tremper l'électrode dans la solution tampon pH=4, laisser stabiliser un moment
- Prendre environ 50 ml de l'échantillon à analyser
- Mettre un agitateur avec une faible agitation
- Tremper l'électrode dans le bécher
- Laisser stabiliser un moment avec une faible agitation, puis noter le pH



### III.2.2 Conductivité

La conductivité des échantillons prélevés a été mesurée au moyen d'un conductimètre électrique de type « Bioblocscientific LF 315», donnant des mesures en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et en  $\text{mS}/\text{cm}$  (Figure 20)



Figure 20 : Conductimètre Bioblocscientific LF 315

Le mode opératoire a été suivi par ces étapes (Figure 21):

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
- Tremper l'électrode dans le béccher.
- Laisser stabiliser un moment, puis noter la valeur de la conductivité affiché.



Figure 21: Mode d'utilisation du conductimètre



### II.2.3 L'oxygène dissous

L'oxygène dissous des échantillons d'eau prélevés a été mesuré au moyen d'un oxymètre **HANNA** instruments **HI 9146** (**Figure 22**), donnant des lectures en mg/l et en %



**Figure 22** : Oxymètre **HANNA HI 9146** utilisé au laboratoire.

Le mode opératoire a été suivi comme suit :

- On réalise le calibrage de l'appareil en maintenant la sonde à l'air jusqu'à ce que le pourcentage 100% apparait sur l'écran.
- On prend environ 100 ml de l'échantillon à analyser
- On introduit la sonde dans l'échantillon ( il est important d'immerger complètement la sonde pour avoir une lecture adéquate).
- On laisse stabiliser un moment, la lecture en pourcentage (%) de la quantité d'oxygène dissout.
- Pour changer l'unité de la lecture on appuie sur le bouton **Range** pour la rendre en mg/l.



### III.2.5 Dosage des ions ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) et ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Le dosage de chaque élément a été réalisé sur un spectrophotomètre multi paramètres de type HI 83200-02 (*Figure 23*). Le mode opératoire de la détermination de la concentration de chaque élément a été décrit par le catalogue de l'appareil.



*Figure 23*: Multiparamètre *HI 83200-02* pour le dosage des ions ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) et des composés azotés

#### III.2.5.1 Ammoniaque gamme moyenne ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )

La réaction entre les réactifs et l'ammoniaque provoque une coloration jaune de l'échantillon.

#### Réactifs utilisés (*Figure 24*) :

HI 93715A-0 réactif first

HI 93715B-0 réactif second

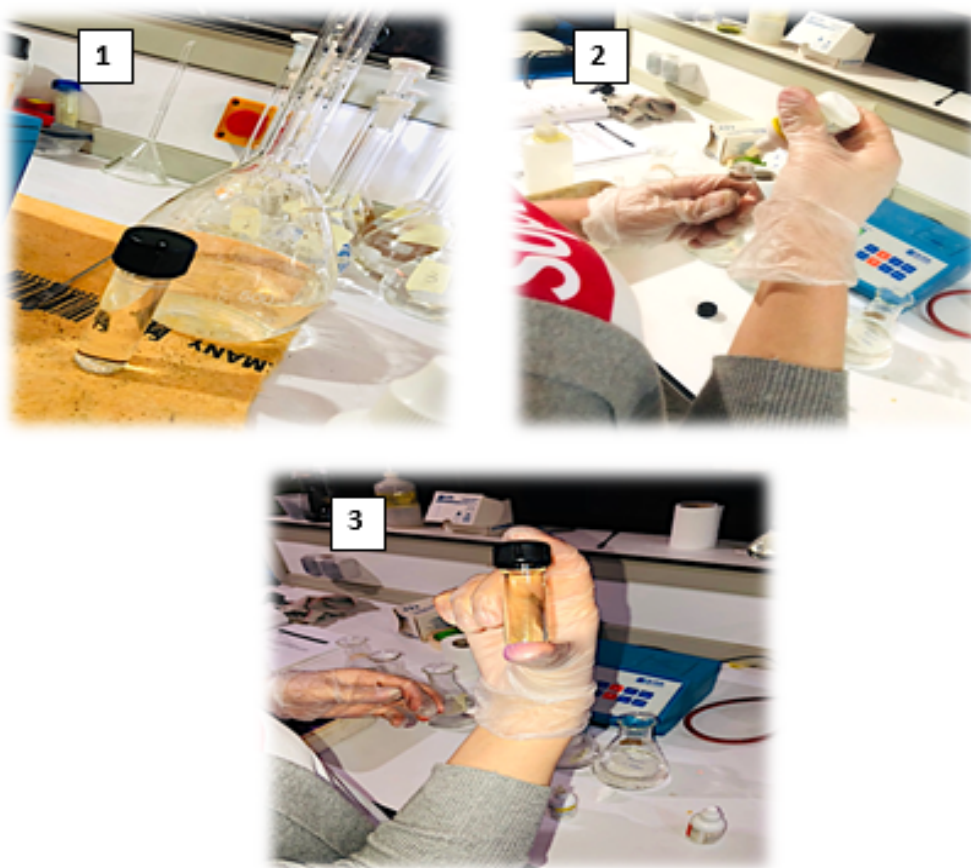


*Figure 24*: Réactifs utilisés pour le dosage de  $\text{NH}_3\text{-N}$



**Procédures de mesure de  $\text{NH}_3\text{-N}$  (Figure 25) :**

- Sélectionner la méthode de mesure Ammonia MR.
- On remplit une cuvette avec 10 ml de l'échantillon
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et on ferme le clapet
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique «-0.0-», il est prêt pour la mesure.
- Ôter la cuvette .
- On ajoute 4 gouttes de réactifs FIRST et on rebouche et mélange soigneusement .
- On ajoute 4 gouttes de réactifs SECOND .on rebouche et mélange soigneusement.
- On place cette cuvette dans la cellule de mesure puis on ferme le clapet.
- Appuyer sur la touche TIMER l'instrument affiche un chronomètre de 3 minutes et 30 secondes suivi de l'affichage de la concentration d'azote ammoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ).



1 : remplissage de la cuvette ; 2 : Ajout des réactifs ; 3 : Avant lecture

**Figure 25:** Quelques étapes de dosage de  $\text{NH}_3\text{-N}$





### III.2.5.2 Phosphate gamme haute

La réaction entre les phosphates et les réactifs provoque une coloration bleue de l'échantillon.

#### Réactifs (Figure 26) :

HI 9371A-0 Molybdate

HI 9371B-0 Réactif B



Figure 26: Réactifs de dosage de  $\text{PO}_4^{3-}$

#### Procédure de mesure de $\text{PO}_4^{3-}$ :

- Sélectionner la méthode de mesure Phosphate HR.
- On remplit une cuvette avec 10 ml de l'échantillon.
- Placer cette cuvette dans la cellule de mesure et on ferme le clapet .
- Appuyer sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique «-0.0-» , il est prêt pour la mesure.
- Ôter la cuvette .
- On ajoute 10 gouttes de réactif HI 9371A-0.
- On ajoute le contenu d'un sachet HI 9371B-0. Boucher , on mélange délicatement jusqu'à dissolution complète.
- Insérer la cuvette dans la cellule de mesure et on ferme le clapet .
- Appuyer sur TIMER. L'instrument affiche un chronomètre de 5 min suivi de l'affichage de la concentration des phosphates en mg/l ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).



### III.2.6 Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La DBO<sub>5</sub> des échantillons prélevés a été déterminée par utilisation d'un DBO mètre OXITOP en utilisant les réactifs et matériel suivants :

#### Réactifs utilisés (Figure 27):

- Inhibiteur (ATU).
- Les pastilles de soude NaOH .



Figure 27: Réactifs utilisés pour la détermination de la DBO<sub>5</sub>

#### Appareillage utilisé (Figure 28):

- Armoires thermostatiques température 20° C (WTW-OXITOP BOX).
- Système d'agitation à induction.
- Système de mesure Oxi Top.
- Flacon échantillon brun (volume nominal 510ml).
- Barreaux magnétiques.
- Godet caoutchouc.





Figure 28: Appareillage utilisé pour la mesure de la DBO<sub>5</sub>

#### Mode opératoire de la détermination de la DBO<sub>5</sub> :

- Rincer le flacon avec l'échantillon (163 eau brut /eau traite).  
Mesurer exactement la quantité souhaitée d'échantillon saturé en oxygène
- (homogénéiser avec précaution).
- Mettre le barreau magnétique dans le flacon.
- Ajouter 3 gouttes de l'ATU.
- Insérer le godet caoutchouc dans le goulot du flacon.
- Mettre 02 pastilles de soude dans le godet caoutchouc à l'aide d'une pince.
- Visser l'Oxi Top directement sur le flacon échantillon (de manière étanche).
- Lancer la mesure en appuyant sur S et M simultanément jusqu'à ce que l'afficheur indique 00 (Figure 29).



Afficheur : les valeurs mémorisées sont effacées

**Figure 29:** Réglage du Zéro (00) de la tête de l'OXITOP.

- Maintenir le flacon de mesure avec l'Oxi top à 20°C pendant 05 jours.
- Lecture des valeurs mémorisées à la fin des 05 jours.

### III.2.7 Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

#### Réactifs utilisés (Figure 30) :

- Solution de Digestion.
- Solution catalytique.
- Sel de Morh.
- Solution d'indicateur de Féroienne.



**Figure 30 :** réactifs utilisés pour la détermination de la DCO.



**Mode opératoire de la détermination de la DCO :**

- On introduit 1,5 ml de la solution de digestion dans un tube de digestion. On y ajoute 2,5 ml d'échantillon d'eau puis 3,5 ml de solution catalytique. On agite soigneusement puis on ferme les tubes (*Figure 31*).
- On prépare de la même façon un test blanc à froid et un test blanc à chaud en utilisant 2,5 ml d'eau distillé pour chaque test.



*Figure 31* : Introduction des réactifs (Réactif de digestion et la solution catalytique)

- Les tubes seront placés dans le réacteur et chauffés à 148 °C pendant 2 heures (*Figure 32*).



*Figure 32* : Bloc chauffant DCO avec capot de protection

- Après refroidissement des échantillons, on transfère le contenu de chaque tubes dans une éprouvette et on ramène le volume total à 25 ml et on transfère dans une erlenmeyer de 100 ml (*Figure 33*)



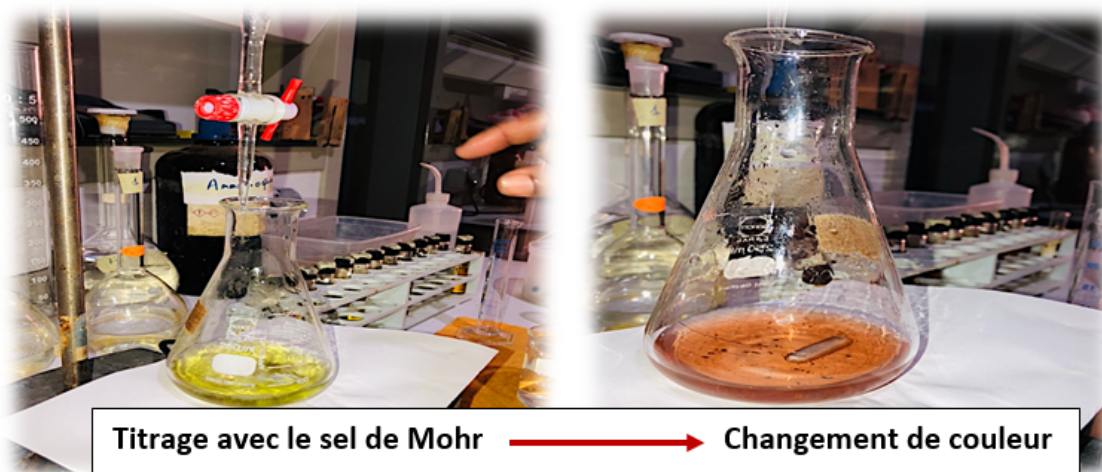


*Figure 33* : Dilution de l'échantillon à la sortie du bloc chauffant DCO

- On ajout quelques gouttes de Féroïenne, bien agiter.

#### Titrage pour la détermination de la DCO :

- On pose l'erenmeyer contenant l'eau à doser sur l'agitateur magnétique. On plonge le barreau magnétique puis on met en marche l'agitateur.
- La burette étant disposée au-dessus du bécher, verser lentement la solution de sel de Mohr jusqu'à changement de la coloration permanente de la solution (*Figure 34*).



*Figure 34*: Titrage de l'échantillon avec le sel de Mohr



### **III.3 Conclusion**

Au cours de ce chapitre nous avons décrit en détail le protocole expérimental suivi pour la détermination des paramètres de qualité des échantillons des eaux usées prélevées. Les méthodes sont soit volumétriques ou par utilisation d'un appareillage spécifique pour le paramètre à doser. Les paramètres concernés par le dosage ont été le pH, conductivité, l'oxygène dissout, le TAC, le Dosage des ions ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) et ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), le DBO5 et le DCO.



## *Chapitre IV :*

Résultats de l'analyse des débits et des caractéristiques physico-chimiques des eaux usées.



## IV.1 Introduction

Il est d'usage, lorsque l'on traite les effets d'un rejet polluant, comme les eaux usées urbaines non traitées sur un milieu récepteur, de faire des distinctions en fonction du temps qui s'écoule entre la cause et ses conséquences. *Selon le temps et les moyens disponibles pour la réalisation de cette étude*, l'échelle de temps que nous avons pris en considération est la variation entre la période diurne et nocturne (Débit et caractéristiques physico-chimique des eaux). La variation mensuelle de la qualité physico-chimique a été également contrôlée lors du suivi de la qualité physico-chimique des eaux usées pour trois mois (Décembre, Janvier et Février). Malgré que l'étude sur trois mois n'est pas suffisante mais on a voulu avoir une idée initiale sur le taux de pollution causé par les eaux usées rejetées sans épuration.

## IV.2 Variation horaires des débits des eaux usées

Pour montrer l'ampleur de quantité d'eaux usées rejetées dans la nature sans traitement au niveau de la ville de Biskra, nous avons profité l'occasion de l'encadrement par *Mr. Youcef Sofiane*, qui faisait au profit du bureau d'étude *BET-E.H.E* le suivi du débit diurne et nocturne au niveau des points de rejets. Avec l'autorisation du directeur du *BET-E.H.E*, nous avons pu avoir les résultats obtenus pour le mois d'octobre 2021 et pour les jours suivants:

- 25-26 Rejet Est
- 26-27 Rejet Chetma
- 27-28 Rejet Centre
- 29-30 Rejet Ouest et Rejet Pôle urbain

Dans le *Tableau 3*, nous avons regroupé les résultats du suivi des débits diurnes et nocturnes pendant les 24 heures pour chaque point de rejet. Les résultats obtenus sont présentés dans la *Figure 35*.

Malgré la variabilité des valeurs des débits dans l'échelle de temps mis en évidence dans le *Tableau 3* et la *Figure 35*, nous conserverons cependant la distinction classique entre les valeurs des débits diurnes et nocturnes. La constatation est que les débits des eaux usées augmentent dans le temps au cours de la période diurne du jour jusqu'à atteindre un maxima puis commence à diminuer durant la période nocturne. Ceci est très clair car l'activité



humaine est plus forte durant la journée et par conséquent une évacuation d'un plus grand débit d'eaux usées par rapport à la nuit.

Selon les résultats présentés dans *Tableau 3* et la *Figure 35*, on peut le constater également que l'ordre des débits maximaux diurnes enregistrés est le suivant :

*Débit max diurne : Rejet Centre > Rejet Est > Rejet Ouest > Rejet Chetma > Rejet Pôle Urbain*

A noter également que les débits max sont importants et ont été enregistrés à des temps différents pendant la période diurne comme suit :

Débit max diurne :

- A 10 h : 1102,62 m<sup>3</sup>/h Rejet Est
- A 11 h : 162,87 m<sup>3</sup>/h Rejet Chetma
- A 16 h : 228,58 m<sup>3</sup>/h Rejet Ouest
- A 17 h : 1506,91 m<sup>3</sup>/h Rejet Centre
- A 18 h : 77,93 m<sup>3</sup>/h Rejet pôle urbain

La différence entre l'ordre de grandeur des valeurs des débits max ainsi que le temps de pointes journalière à un lien directe avec l'étendue du bassin collecteur et la densité de la population.

Rappelons que :

- **Rejet Ouest** : Les eaux usées domestiques de la zone de Sud-ouest de Biskra (Sidi Ghzel),
- **Rejet Centre** : Les eaux usées urbaines du centre-ville de Biskra,
- **Rejet Chetma** : Les eaux usées domestiques de la ville de Chetma.
- **Rejet Est** : Les eaux usées domestiques El Alia et Felliache
- **Rejet Pôle Urbain** : Les eaux usées domestiques de la zone urbaine.

L'importance des valeurs enregistrés des débits peut être confirmé par les cours d'eaux importants sortants au niveau des sites des rejets que nous avons présentés dans les photos des *Figures 12, 14, 15 et 16*.



**Tableau 3 :** Résultats du suivi des débits horaires ( $m^3/h$ ) au niveau des points de rejets (Octobre 2021)

Heure	Rejet Est <i>(Le 25-26)</i>	Rejet Centre <i>(Le 27-28)</i>	Rejet Chetma <i>(Le 26-27)</i>	Rejet Ouest <i>(Le 29-30)</i>	Rejet pôle urbain <i>(Le 29-30)</i>
08,00	270,99	836,42	153,26	214,53	75,97
09,00	864,71	948,46	156,21	216,92	76,54
10,00	<b>1102,62</b>	1142,96	160,93	221,55	76,34
11,00	766,18	1225,97	<b>162,87</b>	223,11	77,29
12,00	554,80	1216,23	159,76	222,83	77,42
13,00	551,67	1247,94	157,64	222,96	76,89
14,00	543,90	1315,14	156,91	224,34	76,62
15,00	580,35	1310,44	156,18	225,24	75,88
16,00	630,55	1366,05	154,55	<b>228,54</b>	76,51
17,00	555,86	<b>1506,91</b>	155,18	227,75	77,27
18,00	478,71	1341,18	154,18	222,71	<b>77,93</b>
19,00	459,71	1095,01	155,82	220,33	77,71
20,00	486,97	1001,76	154,94	221,21	77,50
21,00	53,66	1024,79	152,85	221,33	77,40
22,00	531,20	1024,02	151,69	221,00	76,98
23,00	508,76	959,67	150,00	219,51	75,70
00,00	467,96	918,59	147,42	217,64	74,73
01,00	462,59	850,52	145,55	215,83	74,18
02,00	398,68	789,61	144,73	214,32	73,85
03,00	320,35	781,35	144,09	213,45	73,78
04,00	319,98	756,00	143,65	214,19	73,68
05,00	275,26	772,69	143,46	214,33	73,70
06,00	310,57	777,80	145,25	214,33	74,13
07,00	310,55	776,86	152,51	214,32	74,31



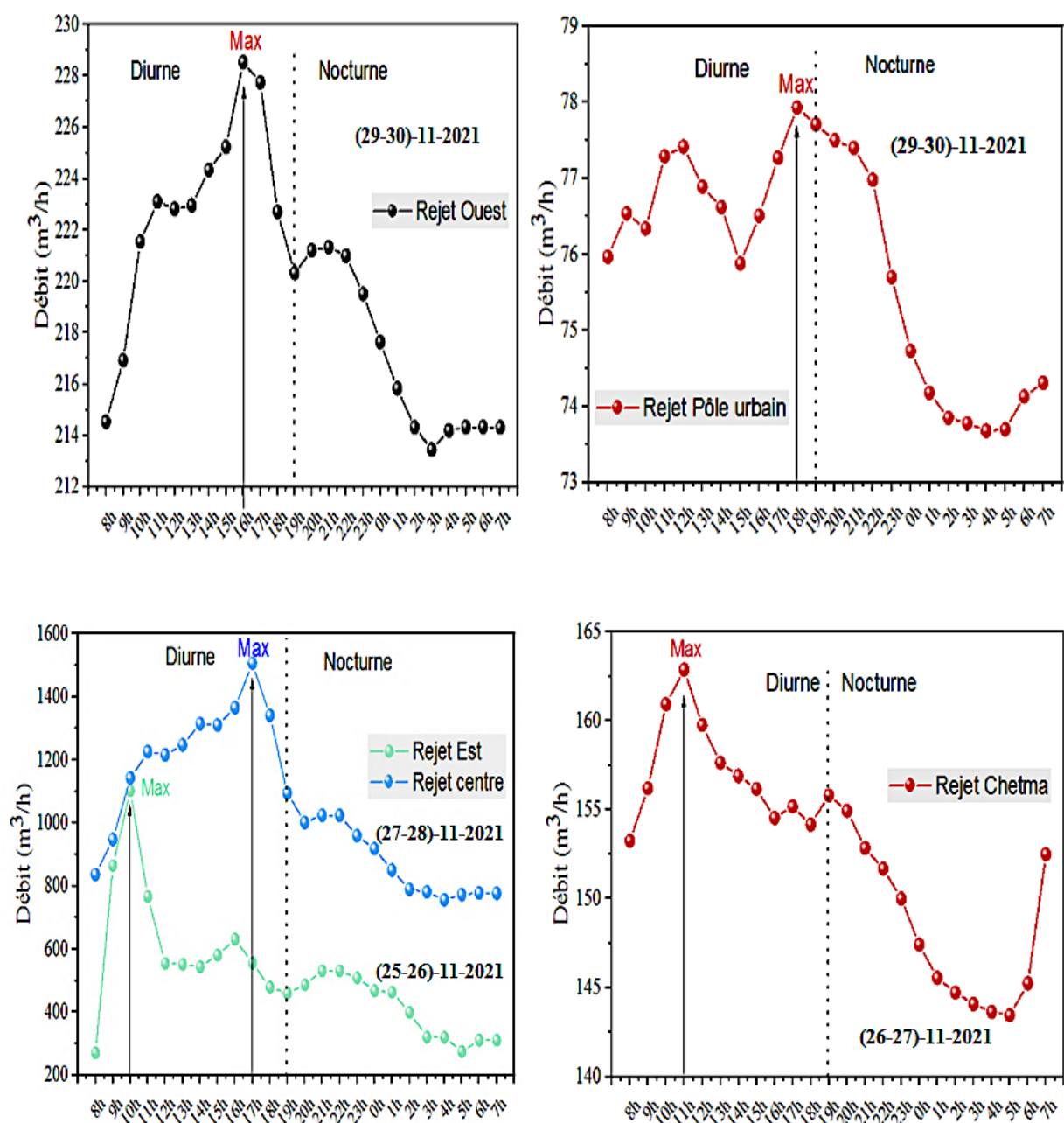


Figure 35: Présentation de la variation des débits horaires au niveau des points de rejets (Octobre 2021)



## IV.2 Analyses physico-chimiques des eaux usées

### IV.2.1 Variation de la qualité des eaux usées

Nous avons effectué deux prélèvements au niveau de chaque site de rejet. Le premier prélèvement date du 03 janvier 2022 et le deuxième du 26 Février 2022. Nous avons effectué l'analyse physico-chimique de ces échantillons au niveau du laboratoire selon les protocoles décrits dans le chapitre précédent.

Les résultats des analyses ont été regroupé dans les *Tableaux 4 et 5*. Les valeurs obtenues pour chaque paramètre mesuré ont été comparées aux normes de rejets (nous les avons regroupées dans le *Tableau 2*). Il en ressort que, ces eaux représentent un pH conforme aux normes de rejets des eaux usées. Par contre, les autres paramètres ont représenté des valeurs importantes, qui dépassent largement les normes. Pour tous les échantillons, la conductivité est  $> 1000 \mu\text{S}/\text{Cm}$  ce qui indique que ces eaux sont à minéralisation excessive vue leur charge importante en matières organique et minérale. Le pourcentage de saturation en oxygène est  $< 50 \%$  ce qui prouve que ces eaux sont fortement chargé en matières polluante consommant l'oxygène dissous. A cela on ajoute, les matières nutritifs des micro-organismes présentées par  $\text{PO}_4^{3-}$  et  $\text{NH}_3\text{-N}$  sont assez importantes.

**Tableau 4** : Résultats des analyses physico-chimique prélèvement du 03 janvier 2022 à 11 h du matin

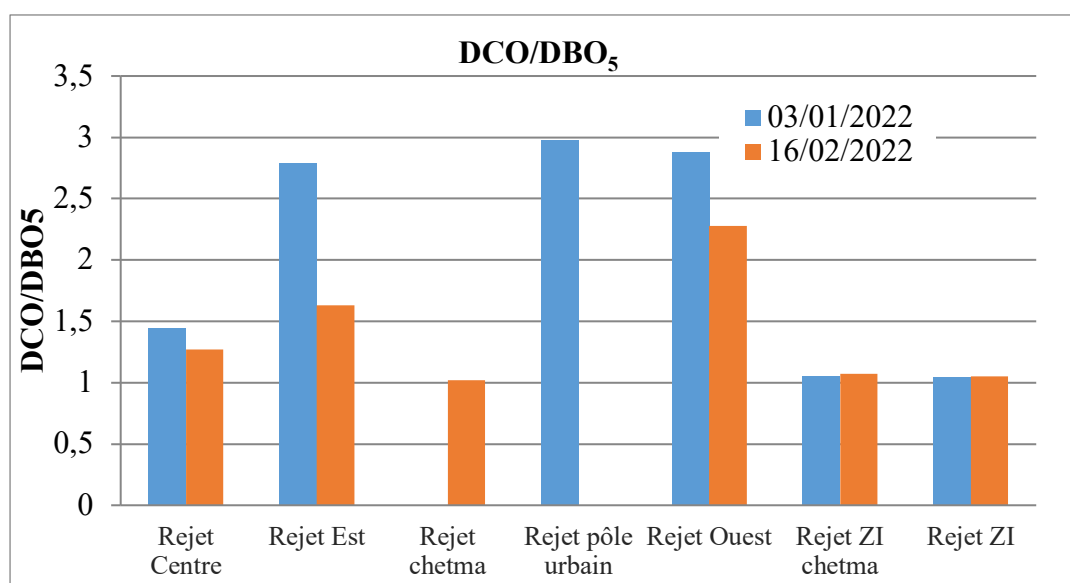
	Rejet Centre	Rejet Est	Rejet pôle urbain	Rejet Ouest	Rejet ZI Chetma	Rejet ZI	Norme (ONA et OMS)
pH	6,95	7,01	6,98	7,16	6,72	5,92	6,5-8,5
Conductivité (mS/cm)	4,21	7,36	5,35	5,65	5,4	4,26	-
O <sub>2</sub> (mg/L)	5,15	1,86	3,63	6,59	2	2,72	-
O <sub>2</sub> (%)	27,3	21,4	19,7	51,8	22,5	21,5	-
DCO (mg/L)	264	530	536	288	358	396	$\leq 90$
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	180	190	180	100	342	380	$\leq 30$
DCO/DBO <sub>5</sub>	1,44	2,79	2,98	2,88	1,05	1,04	-
NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	59	130	505	57	266	94	$< 0,472$
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	19	25	14	16	10	28	$\leq 1,494$



**Tableau 5 :** Résultats des analyses physico-chimique prélèvement du 16 Février 2022 à 11 h du matin

	Rejet Centre	Rejet Est	Rejet Chetma	Rejet Ouest	Rejet ZI Chetma	Rejet ZI	Norme (ONA et OMS)
<b>pH</b>	7,67	7,19	7,25	7,62	6,76	6,95	6,5-8,5
<b>Conductivité (mS/cm)</b>	3,39	1,72	1,72	3,74	3,9	2,92	-
<b>O<sub>2</sub> (mg/l)</b>	2,05	1,01	1,01	2,11	3,43	2,32	-
<b>O<sub>2</sub> (%)</b>	17,7	21,5	21,5	29,4	27	24,8	-
<b>DCO (mg/L)</b>	318	228	144	228	310	335	≤90
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	250	140	140	100	290	320	≤30
<b>DCO/DBO<sub>5</sub></b>	1,272	1,63	1,02	2,28	1,07	1,05	-
<b>NH<sub>3</sub>-N (mg/l)</b>	49	56	56	66	540	560	<0,472
<b>phosphates (mg/L)</b>	18	20	20	11	14	24	≤1,494

L'étude de la variation du rapport  $\frac{DCO}{DBO_5}$  (Tableaux 4 et 5 ; Figure 36) a montré que les valeurs calculées sont < 3 ce qui confirme que la majorité de la matière organique existante dans ces eaux usées est biodégradable. Ceci justifie l'implantation de la STEP de Biskra à base d'une épuration biologique.



**Figure 36:** Variation du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> des eaux de rejets de la ville de Biskra.



Nous avons également remarqué que les eaux des rejets ZI Chetma et ZI Ouest présentent les valeurs les plus élevées de la DBO<sub>5</sub> ainsi le rapport  $\frac{DCO}{DBO_5}$  est le plus faible par rapport aux autres eaux de rejets. Ce résultats est évident du fait que :

- **Les eaux du rejet de la Zone Industrielle ouest:** sont les eaux usées de la zone industriel de la ville de Biskra. Collecte les eaux de l'ENICAB, Naftal-Biskra, DMB Sonatrach et usine de production de l'huile d'olive.
- **Les eaux du rejet Chetma Zone Industrielle :** sont les eaux usées de la zone industrielle Chetma, sont un mélange de types des eaux usées étant l'abattoir des frères Ben Aissa et la zone des parks des frères Amouri.

#### *IV.2.2 Variation de la qualité des eaux usées entre la période diurne et nocturne*

Les prélèvements ont été effectués en utilisant un échantillonneur automatique placé au niveau du point de rejet (*Figure 37*). L'échantillonneur est programmé pour prélever 24 échantillons de 1 litre à raison d'un prélèvement par heure. Le prélèvement se fait par une pompe qui aspire l'eau à la sortie du collecteur du bassin destiné.



*Figure 37:* Échantillonneur utilisé pour les prélèvements nocturnes et diurnes.

Pour chaque période (Diurne ou Nocturne) les échantillons prélevés dans le temps ont été mélangé. De ce mélange on a prélevé un échantillon pour effectuer l'analyse physico-chimique. Les résultats de l'analyse physico-chimique des échantillons prélevées de la période nocturne et diurnes sont présentés dans le *Tableau 6 et par les figures 38, 39,40 et 41*.



**Tableau 6:** Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de rejets de la ville de Biskra (période nocturne et diurne). Prélèvements effectués entre le 06 et le 07 décembre 2021.

	<i>Rejet Centre</i>		<i>Rejet Est</i>		<i>Rejet Chetma</i>		<i>Rejet pôle urbain</i>		<i>Rejet Ouest</i>	
	<i>Jour</i>	<i>Nuit</i>	<i>Jour</i>	<i>Nuit</i>	<i>Jour</i>	<i>Nuit</i>	<i>Jour</i>	<i>Nuit</i>	<i>Jour</i>	<i>Nuit</i>
<b>PH</b>	7,52	7,69	7,41	7,43	7,13	7,31	7,25	7,34	7,69	7,85
<b>Conductivité (mS/cm)</b>	4,52	4,37	3,17	2,89	2,55	2,22	5,07	5,01	5,34	4,54
<b>O<sub>2</sub> (mg/L)</b>	3,67	4,36	4,85	6,43	2,73	4,07	3,56	4,14	1,32	3,82
<b>O<sub>2</sub> (%)</b>	39,1	55,4	54	59,7	32,8	38,3	36,6	44,2	12,3	25,5
<b>DCO (mg/L)</b>	345	450	375	480	194	200	268	348	269	288
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	109	139	172	180	190	194	99	110	164	170
<b>DCO/DBO<sub>5</sub></b>	3,17	3,24	2,18	2,67	1,02	1,03	2,71	3,16	1,64	1,69

Les constatations que nous avons pu faire sont les suivantes :

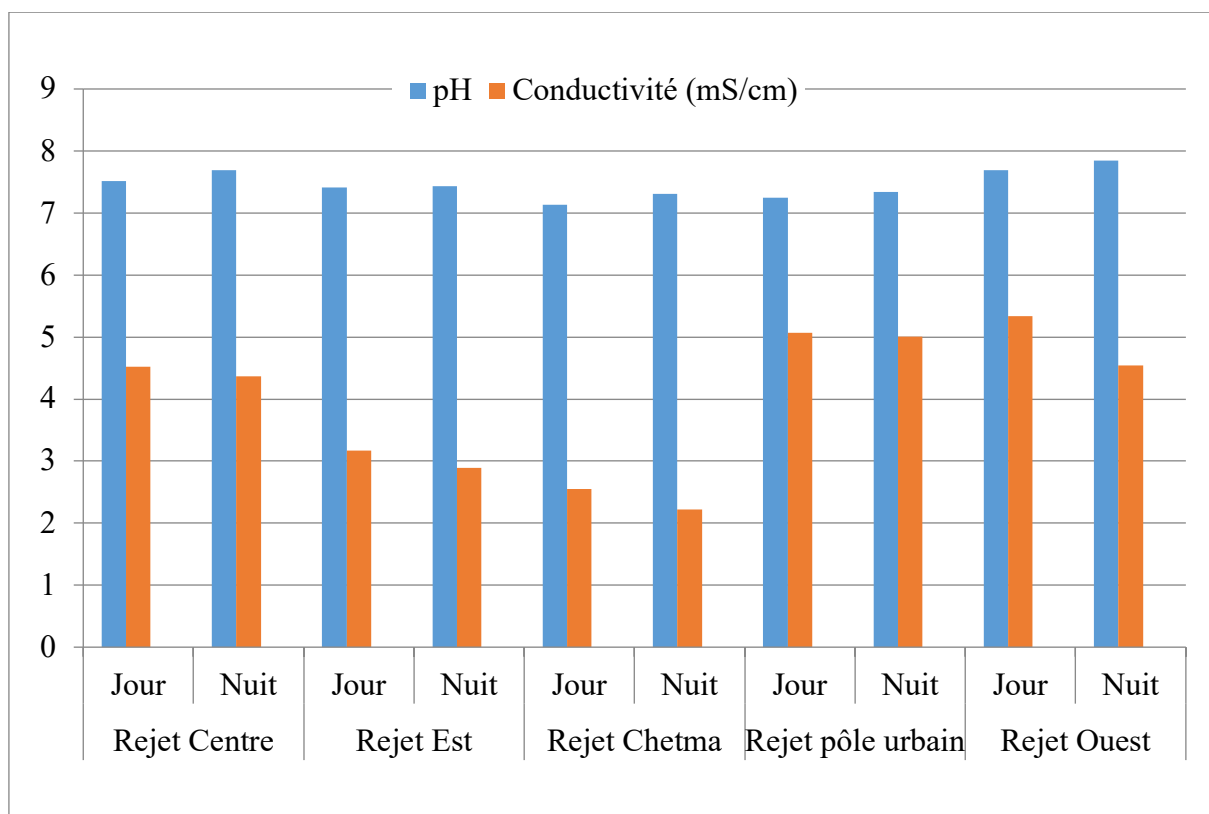
- Les valeurs de pH, Conductivité, O<sub>2</sub> (en mg/L et en %), DCO, DBO<sub>5</sub> ainsi que du rapport

$\frac{DCO}{DBO_5}$  de la période nocturne sont plus élevées que celle de la période diurne. Cet effet

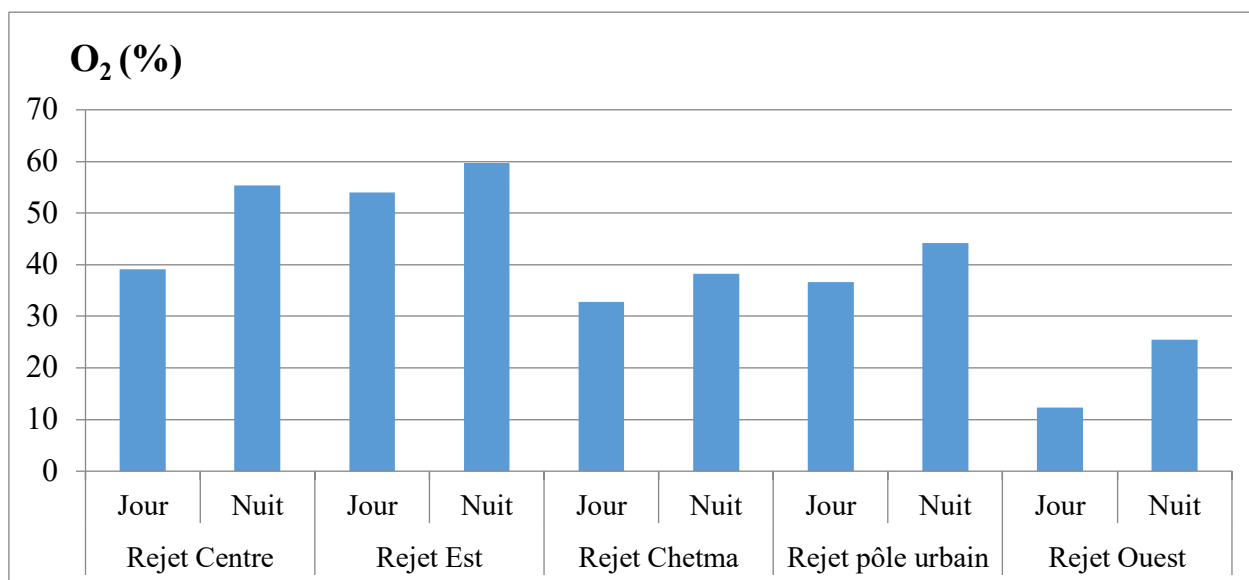
peut être expliqué par le fait que la température des eaux au cours de la nuit est plus faible par rapport à celle de la période diurne. La diminution de la température affecte l'activité bactérienne et frêne les réactions chimiques se produisant dans les eaux usées. Ainsi la dégradation de la matière organique et la consommation de l'oxygène dissous seront réduite.







**Figure 38:** Variation du pH et de la conductivité et de la des eaux de rejets de la ville de Biskra (période nocturne et diurne). Prélèvements effectués entre le 06-07 décembre 2021.



**Figure 39:** Variation du pourcentage de l'oxygène dissout  $O_2$  (%) des eaux de rejets de la ville de Biskra (période nocturne et diurne). Prélèvements effectués entre le 06-07 décembre 2021.



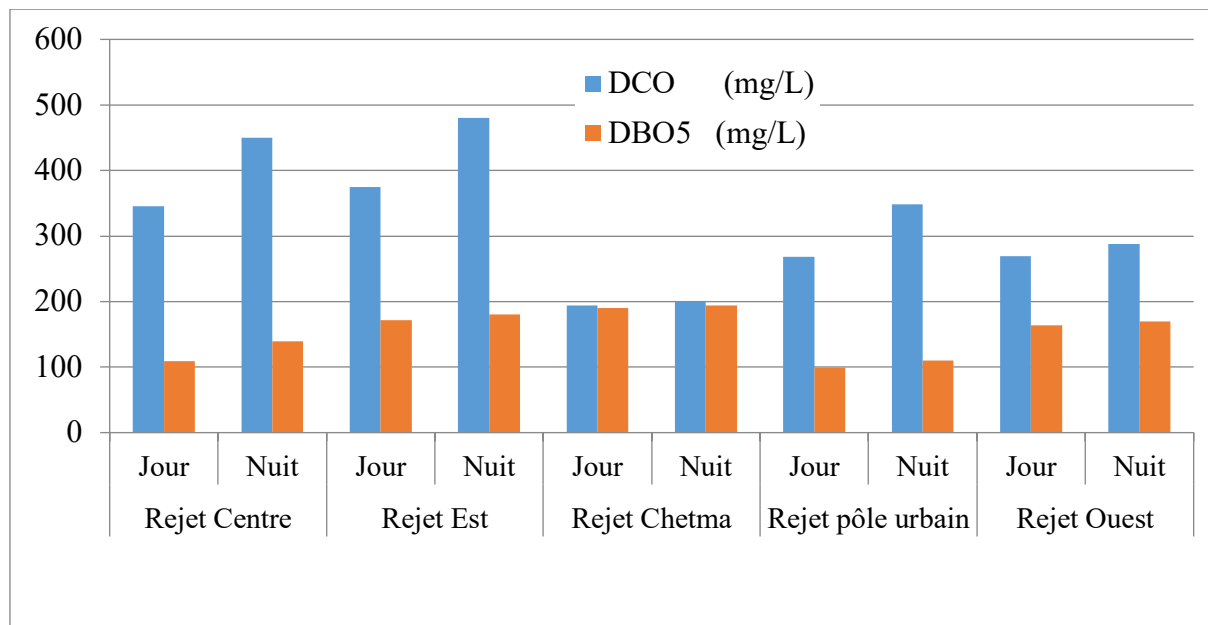


Figure 40: Variation de la DCO et de la DBO<sub>5</sub> des eaux de rejets de la ville de Biskra (période nocturne et diurne). Prélèvements effectués entre le 06-07 décembre 2021.

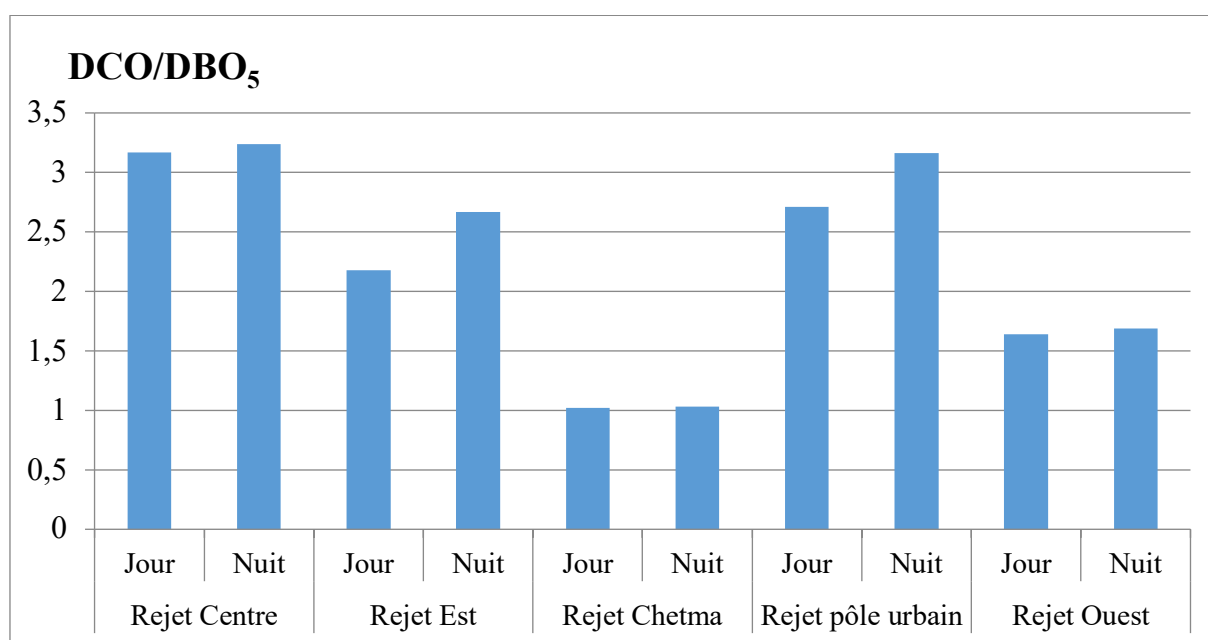


Figure 41: Variation du rapport DCO/ DBO<sub>5</sub> des eaux de rejets de la ville de Biskra (période nocturne et diurne). Prélèvements effectués entre le 06-07 décembre 2021.



### **IV. 3 Conclusion**

En se basant sur les résultats obtenus et de leurs interprétation nous pouvons ressortir les conclusions suivantes :

- Les débits d'eaux usées sortants au niveau des sites de rejets sont très importants. Et ces débits sont élevés pendant la période diurne.
- La charge polluante dans ces eaux est assez importante se traduisant par de faibles pourcentage d'oxygène dissous est des valeurs de DCO, DBO<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> et NH<sub>3</sub>-N dépassant largement les normes de rejets des eaux usées.

Le retards de la finalisation et de la mise en marche de la STEP dans la ville de Biskra risque de donner suffisamment du temps aux paramètres de pollution d'atteindre les nappes souterraines.





# *Conclusion générale*

## Conclusion générale

L'objectif principal de ce travail a été d'étudier l'état de pollution provoqué au niveau des points de rejets des eaux usées dans la ville de Biskra. Les points essentiels du suivi a concerné l'évolution des débits de ces eaux et leur qualité physico-chimique. Cette étude a permis de donner une idée sur le degré de pollution transmis dans l'environnement récepteur en attendant la mise en marche de la STEP. Sachant que la réalisation de la STEP à réacteur biologique dans cette ville a connu un très grand retard.

Les travaux réalisés dans le cadre de cette étude ont montré que :

- L'étude de la synthèse bibliographique sur la qualité des eaux usées a montré que les eaux usées rejetées sans traitement ont un impact sur l'environnement, les eaux naturelles et l'être humain.
- L'enquête de terrain que nous avons menée sur les bassins collecteurs et le réseau d'assainissement de la ville de Biskra a montré qu'on peut diviser la ville de Biskra en six bassins de collecte drainés par 7 collecteurs principaux qui actuellement déversent les eaux usées dans l'exutoire. A cela on ajoute l'absence quasi-totale de réseau d'assainissement dans certains quartiers où le recours aux fosses septiques et rejets en pleine nature constituent une atteinte à la santé publique et à l'environnement.
- Les débits d'eaux usées sortants au niveau des sites de rejets sont très importants, et ces débits sont élevés pendant la période diurne. L'épuration de ces eaux serait très bénéfique dans la réutilisation de ces eaux à la sortie de la STEP dans l'irrigation.
- La charge polluante dans ces eaux est assez importante ce traduisant par de faibles pourcentages d'oxygène dissous est des valeurs de DCO, DBO<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> et NH<sub>3</sub>-N dépassant largement les normes de rejets des eaux usées. Ce qui incite à accélérer la finalisation des démarches de mise en marche de la STEP de la ville de Biskra dont les travaux sont actuellement en arrêt.
- Pour l'ensemble des eaux de rejet, le rapport  $\frac{DCO}{DBO_5}$  est  $< 3$  ce qui confirme que la majorité de la matière organique existante dans ces eaux usées est biodégradable. Ceci justifie l'implantation de la STEP de Biskra basée sur l'épuration biologique par utilisation des boues activées.





# *Références bibliographiques*

Références bibliographiques

- **A.D.E (2016)**, Algérienne des eaux, Précipitations mensuelles moyennes enregistrées à la station de Biskra.
- **A.N.A.T (2006)**, (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire) Monographie de la wilaya de Biskra, Algérie. 256p
- **A.N.A.T. (2009)**, Agence nationale à l'aménagement du territoire.
- **A.N.D.I. (2013)**, Agence National de développement de l'investissement.
- **Afri-Mehennaoui, F.Z. (1998)**, Contribution à l'étude physico-chimique et biologie de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Thèse de Magister en Ecologie. Université de Constantine, 238 p.
- **Algérie presse service, 2021**. <https://www.aps.dz/economie/133184-ressources-en-eau-les-stations-de-dessalement-de-l-eau-de-mer-unique-solution-aux-perturbations-de-la-distribution>, Perturbations de l'alimentation en eau: les stations de dessalement, unique solution.
- **Azioune R., Atar H. , Nouaceur Z. (2018)**, Pluies extrêmes et risque d'inondation dans la ville de Biskra (Algérie), Sciences & Technologie D, N°48, 93-106
- **Belaid, N. (2010)**, Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phyto- absorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat en eau sol environnement chimie et microbiologie de l'eau, Université de Sfax, Tunisie,188p.
- **Ben Lamri O.( 2019)**, Etude de protection de la ville Biskra contre les crues, Master 2019 ,Université Mohamed Khider-Biskra.
- **BEN Medjeddel H (2021)**, Effet des paramètres physico chimiques sur la répartition des helminthes dans les eaux usées de la ville de Biskra, Mémoire de Master, Université Mohamed Khideur Biskra.
- **Benakcha M (2019)**, Suivi de la qualité physico-chimique des eaux usées de la STEP d'Arris, Mémoire de Master, Université Mohamed Khidher Biskra.
- **Benkaddour B (2018)**, Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie). Autre. Université de Perpignan; Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem (Mostaganem, Algérie),. Français.



- **Benmalek A, Chaib W (2018)**, État actuel des eaux usées dans les zones arides: Cas de la région de Biskra, Journée Mondiale des toilettes, <https://www.researchgate.net/publication/324201337>
- **Boudenne A et Lebsir W (2012)**, Etude des paramètres physico-chimiques des eaux usées urbaines de la ville de Jijel (cas de la station d'épuration d'El-rabta) , Université De Jijel.
- **Brelot E., Chocat B (1996)**, Impact des rejets sur les milieux récepteurs, La Houille Blanche N° ½ 16-21.
- **Briand C., Chebbo G., Paupardine J., Bressi A (2018)**, Que sait-on des micropolluants dans les eaux urbaines, Project: OPUR: Observatory of Urban pollutants in Paris conurbation, ARCEAU – AFB
- **Bureau d'étude hydrauliques et environnement BET-E.H.E** (projet en court -2021-2022.
- **Chebbo G. (1992)**, Solides des rejets pluviaux urbains: caractérisation et traitabilité. Thèse ENPC, 1992, 400 pages + annexes.
- **Chocat B., Cathelain M., Mares A., Mouchel J.M. (1993)**, La pollution due aux rejets urbains de temps de pluie. Impacts sur les milieux récepteurs. Exposé introductif. La pluie, source de vie, choc de pollution. S.H.F. Paris17 et IBmar.
- **Daffri A. (2017)**, Etude de la biodégradation de l'ortho-nitrophénol et du para-nitrophénol par le microbiote des eaux usées et mise en évidence des bactéries dominantes impliquées dans ce processus. Thèse de Doctorat d'état, Université des Frères Mentouri , pp 3-10.
- **Degrémont. (1989)**, Mémento technique de l'eau : Tome 1, 9<sup>ème</sup> édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier. France 592p.
- **Direction Régionale du Commerce- Batna - Monographie de la Région de Batna N°02 (2017) 9 -12**
- **Djagodo A, Kelomè NC, Vissin EW, Agbossou E (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, ESJ. 13(33), 167-186.





- **Dorothee L (2019)**, Eutrophisation des masses d'eau : l'Etat demande une révision rapide des zones sensibles, <https://www.actu-environnement.com/>
- **Enserink E.L., Maas Diepeveen J.L., VanLeewen C.J (1991)**, Combined effects of metals : an ecotoxicological evaluation. Water Research, 25, 679-688.
- **Gaid A.k (1984)**, Epuration biologique des eaux usées urbaines, tome I. Ed. OPU. Ben Aknoun, Alger (Algérie).
- **Gaujous D (1995)**, La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 220 p.
- **Grosclaude, G (1999)**, L'eau: Tome 2: Usages et polluants.
- **Guehiliz N (2016)**, Contribution à l'étude des plantes spontanées dans l'Oued de Biskra". Mémoire de Master , Université Mohamed Khider-Biskra.
- **Hanafi A., Alkama D (2016)**, Stratégie d'amélioration du confort thermique d'une place publique d'une ville saharienne 'Biskra/Algérie', Revue des Energies Renouvelables Vol. 19 N°3 , 465 - 480
- **Ivanowsky 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. Thèse de Doctorat. Université de Lille 1 (France), 229 p.
- **Khechai Deghiche D.N (2019)**, Contribution à l'étude de la valorisation des cultivars à faible valeur marchande « D'goule » dans la région des Ziban (Cas Sidi-Okba et Lioua), <https://www.researchgate.net/publication/348297257>
- **Lakhili F, Benabdelhadi M, Bouderkha N, Lahrach H, Lahrach A (2015)**, Etude de la qualité physicochimique et de la contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Beht (Maroc). European Scientific Journal 11(11) : 132–147.
- **M.D.W.B (2016)**, Monographie de la wilaya de Biskra. Ed. Wilaya de Biskra.
- **Makaoui K (2019)**, Etude de la qualité des eaux du barrage de Foug El-Kharza de la région de Biskra, Mémoire de Master, Université Mohamed khider – Biskra.
- **Mamine N., Grara N., Khaldi F (2019)**, The use of macrophyte typhalatifolia filters in the treatment of wastewaters of medjerda river, in Souk-ahras city (north-east Algeria). Studia Universitatis “Vasile Goldiș”, Seria Științele Vieții, 29(2) : 70-81.
- **Méot B et Alamy Z (1990)**, les eaux usées urbaines, réglementation des rejets urbaines, traitement de finition par géoépuration, BRGM (service SOL et SOUS-SOL, département environnement et risques (France)).



- **Metahri MS (2012)**, Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat en Agronomie (option génie des procédés). Université de Tizi-Ouzou (Algérie), 172 p.
- **Moilleron R (2016)**, Les micropolluants dans les systèmes urbains. De quels polluants parle-t-on ? Présentation au colloque « Micropolluants présents dans les milieux aquatiques et leur impact sur la santé humaine. Exemple de l'agglomération parisienne », ARCEAU-IdF/Académie de l'eau, 69 pages
- **Morin-Crini N, Winterton P, Trunfio G, Torri G, Louvard N, Girardot S, Hutinet X, Crini G (2017)**, Chapitre IV. Paramètres chimiques de l'eau et rejets. Dans Eaux Industrielles Contaminées. Industriels, 103-144. Presses universitaires de Franche-Comté.
- **MRE ( 2000)**. Algérie, Ministère de Ressources en Eau situation de l'assainissement, Rapport de synthèse.
- **ONA.(2006)**, Normes appliquées aux eaux usées urbains au niveau de la STEP d'El Bayadh
- **Ouali M.S (2001)**, Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux, édition : OPU, Ben Aknoun, Alger (Algérie).
- **Ramade F (1999)**, Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed. Ediscience international, Paris, 690p.
- **Ramade F (2002)**, Dictionnaire encyclopédique d'écologie et de science de l'environnement, 2<sup>ème</sup> Ed DUNOD.
- **RAMADE, F (1998)**, Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed iscience internationale, Paris, 786p.
- **Rejsek, F (2002)**, Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Scéren (CRDP AQUITAINE). Coll. Biologie technique. Sciences et techniques de l'environnement. 360p.
- **Rodier J (2005)**, L'analyse de l'eau naturelle: eaux naturelles, l'eaux résiduaires, eaux de mer. 8<sup>ème</sup>Ed, Dunod, Paris: 535
- **Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., Brunet,R., Mialoq, J.C. , Leroy, .O., Houssin, M., Lavison, G., Bechemin, C., Vincent, M., Rebouillon, P., Moulin, L., Chomodé, P.,**



- Dujardin, P., Gosselin, S., Seux, R., Almardini, F (2009)*, L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> Ed. Dunond. France. 1511p.
- *Rouamba J, Nikiema E, Rouamba S, F. Ouedraogo (2016)*, Accès à l'eau potable et risques sanitaires en zone périphérique de Ouagadougou, Burkina Faso. Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique. 2016;64:S211.
  - *Salghi R (2001)*, Différentes filières de traitement des eaux, ed univ IZ Rabat, p.22 .
  - *Sebihi Z (2015)*, « La qualite physico-chimique des eaux de l'oued Rhumel À » , Mémoire de Master , Université des Frères Mentouri Constantine.
  - *Some YSC, Soro TD, Ouedraogo S (2014)*, Étude de la prévalence des maladies liées à l'eau et influences des facteurs environnementaux dans l'arrondissement de Nomgr-Masson: cas du quartier Tanghin (Ouagadougou-Burkina Faso). International Journal of Biological and Chemical Sciences. 8:289–303.
  - *Suschka J., Ferreira E (1986)*, Activated sludge respirometry measurements. Water Research, 20, 2, 137-144.
  - *Tababouchet S (2017)*, Etude De La Pollution Des Eaux Superficielles Et Souterraines Du Bassin Versant Du Sebaou , MEMOIRE DE MASTER, Ecole nationale superieure d'Hydraulique -Arbaoui Abdellah-
  - *Tardat-Henry, M., Beaudry, J.P (1984)*, Chimie des eaux. Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada.
  - *Toumi A., Chocat B (2004)*, L'assainissement en Algérie: problématique, La Houille Blanche, 90:6, 130-136, DOI: [10.1051/lhb:200406018](https://doi.org/10.1051/lhb:200406018)
  - *Trabuc, P (1989)*, Pollution apportée par les rejets urbains de temps de pluie. ; résumé présenté en commission de l'AFBSN le 22/3/1989 ; Agence de l'eau Seine-Normandie ; Nanterre - France.
  - *WHO. World Health Organization (1989)*, Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture : report of a WHO scientific group [meeting held in Geneva from 18 to 23 November 1987] (World Health Organization). Geneva.
  - *WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau) (2017)*, Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017. Les eaux usées – Une ressource inexploitée. Paris, UNESCO
  - Lien consulté le : **05-06-2022**  
<https://www.osi-perception.org/La-pollution-de-l-eau-un-fleau-invisble.htm>



- Liens consultés le : **05-06-2022**  
[http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Impact\\_\(des\\_rejets\\_urbains\\_sur\\_les\\_milieux\\_aquatiques\)\\_\(HU\)](http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Impact_(des_rejets_urbains_sur_les_milieux_aquatiques)_(HU))
- « Les problèmes de pollution et l'environnement Le trou de la couche d'ozone Pollution atmosphérique Smog Réchauffement climatique Pluies acides Pollution », publié par Lahcen Lahcen (site Web). <https://slideplayer.fr/slide/11995960/>
- <https://www.aps.dz/economie/133184-ressources-en-eau-les-stations-de-dessalement-de-l-eau-de-mer-unique-solution-aux-perturbations-de-la-distribution>

