

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة البليدة 1

Université de BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master II

Option : Eau, Environnement et Santé Publique

Thème

*ÉTUDE DU REJET DU LIXIVIAT TRAITÉ DU  
CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DE  
CORSO SUR L'OUED CORSO*

*Soutenu par : Mr. REBHI Rachid*

le : 17 /09/ 2017

Devant le jury composé de :

**M<sup>me</sup> HAMAIDI F.**

**MCA (UB01)**

**Présidente**

**M<sup>me</sup> BELMESKINE H.**

**MCB (UB01)**

**Examinatrice**

**M<sup>me</sup> RADI N.**

**MAA (UB01)**

**Promotrice**

Année universitaire 2016- 2017

## ***Remerciements***

À l'issue de ce modeste travail, je tiens particulièrement à présenter mes vifs remerciements, en premier, à ma formidable promotrice **M<sup>elle</sup> RADI N.**, à **M<sup>me</sup> HAMAID F.**, pour l'honneur qu'elle nous fait de présider le jury, avec la participation de l'honorable membre : **M<sup>me</sup> BELMESKINE H.**, examinatrice, qui bien voulu évaluer notre travail.

J'exprime aussi ma reconnaissance à Monsieur **Karim OUAMAN**, Directeur Général de l'Agence Nationale des Déchets, ainsi qu'à Mr. Mouali. Cadre conseiller à l'environnement, pour leur accompagnement et leur professionnalisme...

J'adresse également mes plus sincères remerciements au Centre National de Recherche et Développement de la Pêche et l'Aquaculture (CNRDPA) ainsi qu'au Laboratoire Régional Centre de l'ONEDD, directeurs et équipes chercheurs, sans lesquels beaucoup des travaux sur terrain et d'analyses n'auraient pas pu être réalisés.

J'adresse également mes plus sincères remerciements au responsables et équipe du centre d'enfouissement technique CET Corso, qui sans leur soutien, ce travail n'aurait pas pu être achevé.

Enfin, ma gratitude va tout naturellement à tous mes enseignants et particulièrement à Mr. KAIS pour son aide précieuse ainsi qu'à mes collègues de la promo qui m'ont facilité le retour sur les bancs universitaires après une si longue rupture.

# Sommaire

|   | Page |
|---|------|
| Remerciements   |      |
| Résumé  |      |
| Table des figures   |      |
| Table des tableaux  |      |
| Introduction  | 1    |
| <b>Chapitre I : Synthèse bibliographique</b>                          |      |
| I.1. Généralités sur les cours d’eaux .....                           | 2    |
| I.2. Généralités sur les CET .....                                    | 3    |
| I.2.1. Centre d'Enfouissement Technique (CET) de classe II .....      | 3    |
| I.2.2. Le CET de CORSO .....  | 9    |
| I.3. Cadre physique de la zone d’étude .....                          | 12   |
| I.3.1. Localisation géographique .....                                | 12   |
| I.3.2. Géologie .....   | 12   |
| I.3.4. Description de Oued CORSO .....                                | 13   |
| I.3.5. Le centre d'enfouissement technique « CET Corso » .....        | 14   |
| I.3.6. SYNTHESE CLIMATIQUE .....                                      | 15   |
| <b>Chapitre II : Matériel et méthodes</b>                             |      |
| II. Matériel et méthodes .....  | 18   |
| II.1. Matériel.....   | 18   |
| II.2. Méthodes.....   | 18   |
| II.2.1. Echantillonnage .....   | 18   |
| II.2.1.1. Stratégie d'échantillonnage et choix des prélèvements ..... | 18   |
| II.2.2. Méthodes d’analyses.....                                      | 20   |
| II.2.2.1. Analyses physico-chimiques des eaux de Oued Corso .....     | 21   |
| II.2.2.2. Dosage des métaux lourds.....                               | 28   |
| II.2.2.3. Analyses bactériologiques des eaux de Oued Corso .....      | 28   |
| <b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>                         |      |
| III.1. Paramètres physico-chimiques .....                             | 35   |

|  |    |
|--|----|
| III.1.1. Paramètres appréciés et mesurés in situ .....                               | 35 |
| III.1.2. Paramètres chimiques .....  | 39 |
| III.2. Classement de l'état chimique des eaux de la partie étudiée d'Oued Corso..... | 46 |
| III.3. Les métaux lourds .....   | 48 |
| III.4. Bactériologie.....  | 53 |
| Conclusion.....  | 57 |
| Références bibliographiques.....   | 60 |
| ANNEXE .....   | 63 |

## Résumé

Notre étude vise à évaluer l'impact du rejet du lixiviat traité du centre d'enfouissement technique de Corso sur l'Oued Corso dans la wilaya de Boumerdès à travers l'étude de quelques indicateurs globaux de la pollution des eaux.

Les principaux paramètres physicochimiques étudiés sont : la température, le pH, la conductivité électrique, l'Oxygène dissous, les matières en suspension, la DBO5, la DCO outre le dosage de quelques éléments indicateurs de pollution tel que :  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  ainsi que métaux lourds suivants : Cu, Pb, Ni, Cd, Zn, Al, Cr et Fe.

Quant aux paramètres bactériologiques, il s'agit essentiellement de la recherche et du dénombrement des coliformes totaux et fécaux, des streptocoques fécaux, du *Vibrio cholerae*, et des salmonelles.

Les résultats des analyses physicochimiques révèlent des teneurs élevées en MES qui atteignent les 430 mg/l en période sèche expliquant en effet les grandes valeurs des résultats de la DCO et de la DBO5 respectivement 35000 mg/l et 13000 mg d'O<sub>2</sub>/l.

De plus, les indicateurs de contamination anthropique comme le  $\text{NH}_4^+$ , le  $\text{NO}_3^-$  et le NK dont les teneurs sont de 24 mg/l, 75 mg/l pour les deux premiers en période sèche, et 540 mg/l pour le dernier en période humide confirment l'existence d'eau résiduaire dans l'effluent au point du rejet.

Concernant la qualité bactériologique, il s'est avéré que la charge bactérienne du prélèvement effectué au niveau du rejet en période sèche est très élevée pour les coliformes fécaux, elle est largement supérieure à la norme des eaux de rejet du **JORADP (2013)** à plus de 550 fois la norme. Il en est de même pour les streptocoques fécaux avec une charge supérieure de 460 fois la norme des eaux de rejet du **JORADP (2013)**. Cependant, l'absence des bactéries pathogènes à savoir : vibrio et salmonelles a été constatée.

Il est à noter tout de même que ces mêmes paramètres mesurés au point après rejet, ont mis en évidence l'impact de la charge polluante du lixiviat déversé sur un écosystème censé être protégé par la réglementation des eaux de surfaces.

**Mots clés :** Lixiviat, Oued Corso, Centre d'enfouissement technique, rejet, Paramètres physicochimiques, Paramètres bactériologiques, Métaux lourds.

## Summary

Our study aims at evaluating the impact of the treated lixiviat rejection of the center of technical hiding of Corso on the Corso Wadi at the Wilaya of Boumerdes through the study of some total indicators of the water pollution.

The principal studied physicochemical parameters are: the temperature, pH, electric conductivity, dissolved Oxygen, suspended matter, the DBO5, the DCO in addition to the proportioning of some indicator elements of pollution such as:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  like following heavy metals: Cu, Pb, Ni, Cd, Zn, Al, Cr and Fe.

As for the bacteriological parameters it is primarily the research and the enumeration of the total and fecal coliformes, of the fecal streptococci, *Vibrio cholerae*, and of the salmonellas.

The results of the physico-chemical analyses reveal high percentages of MES which reach the 430 mg/l in dry period indeed explaining the great values of the results of the DCO and the DBO5 respectively 35000 mg/l and 13000 Mg of  $\text{O}_2$ /l.

Moreover, the indicators of anthropic contamination like the  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  and the NK whose contents are of 24 mg/l, 75 mg/l for both first in dry period, and 540 mg/l for the last in wet period confirm the existence of waste water in the effluent at the point of the rejection.

Concerning bacteriological quality, it proved that the bacterial load of the taking awaycarried out on the level of the rejection in dry period is very high for the fecal coliformes, it is largely higher than the standard of water of rejection of **JORADP (2013)** than more than 550 times the standard. It is the same for the fecal streptococci with a higher load of 460 times the standard of water of rejection of the **JORADP (2013)**.

However, the absence of the pathogenic bacteria namely: vibrio and salmonellas were noted. It should be noted all the same that these same parameters measured at the point after rejection, highlighted the impact of the polluting load of lixiviat poured on a supposed ecosystem being Protected by the surface water regulation (JORADP, 2011).

Keywords: Lixiviat, Corso Wadi, technical Center of hiding, rejection, Parameters physico-chemical, bacteriological Parameters, Heavy metals.

## ملخص

تهدف دراستنا إلى تقييم تأثير صرف الراشح المعالج الناتج عن المكب التقني لقورصو على واد قورصو، في ولاية بومرداس، من خلال دراسة بعض المؤشرات العامة لتلوث المياه

أهم الخصائص الفيزيوكيميائية المدروسة هي : درجة الحرارة، درجة الحموضة، الناقلية الكهربائية، الأكسجين المذاب، المواد العالقة، الطلب الكيميائي للأكسجين DCO و الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO5 إضافة إلى معايرة تركيز بعض العناصر الدالة على التلوث مثل:  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$  وكذا المعادن الثقيلة التالية : النحاس، الرصاص، النيكل، الكاديوم، الزنك، الألمنيوم، الكروم و الحديد.

أما بالنسبة للخصائص البكتريولوجية فتمثلت أساسا في البحث وعد القلونيات الكلية و البرازية، المكورات العقدية البرازية، ضمة الكوليرا و السالمونيلا.

إن نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية قد أظهرت نسبة عالية من المواد العالقة و التي تصل إلى 430 مغ/ل في الفترة الجافة لتفسر النسب العالية المسجلة للطلب الكيميائي للأكسجين DCO و الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO5 و التي بلغت على الترتيب 35000 مغ/ل و 13000 مغ O<sub>2</sub>/ل.

بالإضافة إلى مؤشرات التلوث البشري و التي بلغت 24 مغ/ل بالنسبة ل  $NH_4^+$  و 75 مغ/ل بالنسبة ل  $NO_3^-$  و ذلك خلال الفترة الجافة، إضافة إلى نسبة 540 مغ/ل بالنسبة ل NK و ذلك خلال الفترة الممطرة التي تؤكد وجود مياه الصرف الصحي في نقطة تدفق الراشح.

فيما يخص النوعية البكتريولوجية، فقد اتضح أن العينة المأخوذة على مستوى نقطة صرف الراشح في الفترة الجافة تحتوي على نسبة جد مرتفعة من القلونيات البرازية و التي تعادل أكثر من 550 مرة المعيار المحدد لمياه الصرف في الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، 2013 كما هو الحال بالنسبة للمكورات العقدية البرازية و التي تعادل 460 مرة المعيار المحدد لمياه الصرف في الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، 2013. وقد لاحظنا غياب فصيلتي البكتيريا الضارة ضمة الكوليرا و السالمونيلا.

أن نفس التحاليل السابقة أجريت في الواد بعد نقطة صرف الراشح قد أظهرت تأثير التلوث في نظام بيئي و الجدير بالذكر هو يفترض أن يكون محميا بموجب قانون المياه السطحية

الكلمات المفتاحية : راشح، واد قورصو، المكب التقني، صرف، الخصائص الفيزيوكيميائية، الخصائص البكتريولوجية، المعادن الثقيلة.

## INTRODUCTION

Oued Corso constitue un modèle type de cours d'eau intermittent. Sec en été, les averses hivernales arrivent à creuser le fond de ses lits mineurs et réaménager ses rives en lits majeurs. Jadis, témoin d'une agriculture aussi diverse que riche, Oued Corso servait à l'irrigation et même à la consommation des riverains. Etant un cours d'eau à caractéristiques sensoriels irréprochables en amont au pied de la vallée de Corso, il est confronté actuellement, tout au long de son chenal aux différents contaminants urbains.

Mis à part deux études d'hydrogéologie élaborées vers la fin des années 90 sur la région de Oued Corso, peu ou pas de travaux ont porté sur la qualité de son eau, d'où l'importance de cette étude.

Le passage de cet oued par le point de rejet du centre d'enfouissement technique de Corso, ne pouvait rester sans impact. En effet, cette étude a été menée afin de déterminer une éventuelle contamination par ce rejet de l'eau de Oued Corso affectant par conséquent sa qualité.

Le CET Corso a été installé et mis en service pour résoudre un problème de taille : la gestion des déchets ménagers et assimilés, dont l'apport dépasse les 40.000 tonnes par mois. Or, force est de constater qu'il est devenu, bien malgré lui et au fil du temps, un maillon de ce problème. Le lixiviat résultant du casier d'enfouissement s'avère être rejeté directement et sans aucun traitement dans Oued Corso.

Comptant sur la volonté des pouvoirs publics à vouloir cerner et contenir le problème de la gestion des déchets, cette étude est réalisée dans l'espoir d'accentuer leurs regards vis à vis de la production et gestion du lixiviat que RENOUE, (2008) a qualifié de déchet généré par les déchets.

La compréhension du fonctionnement d'un CET était l'une des premières étapes entreprise dans ce travail. Reportage photos, interview des responsables, consultation de documents internes et prospections sur terrain se sont succédés sur plusieurs jours au sein du CET Corso afin d'éclairer notre vision sur le sujet. En parallèle, une recherche bibliographique sur l'état de l'art du traitement de lixiviat a été menée pour la mise en écrit de la première partie intitulée: synthèse bibliographique.

Ayant choisi trois points de prélèvements, à savoir : le point de rejet du lixiviat, un autre point en amont et un troisième en aval, des échantillonnages et analyses ont été réalisés dans la mesure des moyens disponibles sur deux périodes différenciées par les crues. Suivant les méthodes d'analyses proposées par les laboratoires d'accueil. Des lectures, des regroupements et des interprétations de résultats ont été la base du deuxième volet de ce travail afin de répondre à la problématique initiale relative principalement à l'impact du rejet du lixiviat sur la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de l'Oued en question.

Pour finir, une conclusion, fruit d'une discussion et comparaison avec les normes de la réglementation algérienne, vient clore ce travail de six mois.



### **I.1. Généralités sur les cours d'eaux**

Le volume total de l'eau sur terre est d'environ 1400 millions de km<sup>3</sup>, dont 2.5 % seulement, soit 35 millions de km<sup>3</sup>, est d'eau douce. La fraction utilisable représente environ 200.000 km<sup>3</sup>, soit 0.01 % de l'ensemble de l'eau présent sur terre. **(A.E.M., 2002)**

Les cours d'eau représentent une étape fondamentale du cycle de l'eau. En effet, un cours d'eau est tout écoulement terrestre d'eau liquide entre une source et une embouchure avec un débit à module supérieur à zéro. Ce flux d'eau est souvent continu mais il peut être temporaire sur une assez longue durée. Selon les données recueillies par **SHIKLOMANOV (1993)**, les fleuves et cours d'eau représentent 0.0002% du total d'eau sur terre.

Représenté par un contenant et un contenu, la stabilité et la bonne santé d'un cours d'eau est assuré avant tout par sa forme qui fait référence aux caractéristiques physiques du Contenant à savoir : le lit, les berges, la ligne d'eau et la continuité écologique par opposition à l'eau qui représente « le contenu » dont la qualité assure une utilisabilité, un habitat et une biodiversité.

De nos jours, les cours d'eau sont les premiers récepteurs de tout genre de pollutions domestique et industrielle. D'où la nécessité de la mise en place d'une réglementation adéquate pour la préservation de cette ressource, ainsi que de processus de surveillance de la qualité des eaux superficielle pour éviter toute éventuelle contamination.

Ceci explique l'intérêt que doit porter le monde pour la préservation de cette ressource épuisable et extrêmement fragile. Les besoins croissant en eau et les changements climatiques sont deux facteurs qui appuient l'augmentation du stress hydrique.

A cela, s'ajoute, la contamination des cours d'eau par les différents polluants chimiques et biologiques qui devient un phénomène préoccupant. Les pathologies d'origines microbiologique ou toxicologique sont devenues très fréquentes.

La qualité d'une eau peut être évaluée via plusieurs paramètres à savoir :

- ✓ Les paramètres descriptifs et sensoriels tel que la couleur, l'odeur, la turbidité
- ✓ Le paramètre physico-chimique tel que le pH, la température, le dosage du phosphore total non filtré, les orthophosphates, les nitrates, les nitrites, l'ammonium, le carbone organique dissous, le débit éventuellement estimé, la conductivité électrique, les chlorures, l'azote total, le carbone organique total, la demande biochimique en oxygène, DBO5, paramètres géochimiques, alcalinité ou dureté totale, les métaux lourds, les éléments radioactifs et les pesticides **(Liechti, 2010)**.

- ✓ Les paramètres microbiologiques concernent le niveau de présence de micro-organismes (virus, bactéries, protozoaires...) pouvant induire un risque sanitaire plus ou moins grand. Deux types de germes sont recherchés, *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux. Ces germes ne sont pas dangereux en soi, mais jouent le rôle de témoin, pouvant indiquer, par leur présence, la présence de germes pathogènes dangereux. En cas de pollution avérée, on recherche, en plus, les salmonelles et les entérovirus.

## **I.2. Généralités sur les CET**

Communément appelé CET, le Centre d'Enfouissement Technique de classe II (déchets non dangereux), est devenu presque l'unique solution pour contenir les énormes quantités de déchets générés par les ménages et toute institution générant des ordures assimilables aux ordures ménagères, mais aussi comme seule alternative contre les décharges sauvages qui dégradent le paysage en Algérie.

### **I.2.1. Centre d'Enfouissement Technique (CET) de classe II**

Les CET de classe II sont des installations soumises au Décret exécutif n°06-198 du 04 Djoumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.

Ce sont tous les centres d'enfouissements techniques ayant habilités à recevoir les déchets solides domestiques et assimilés, non dangereux, ne présentant aucun risque de nuisance, contamination ou explosion.

#### **I.2.1.1. Catégories des déchets admissibles**

Au niveau de ces centres, les déchets ménagers et assimilés acceptés sont les ordures ménagères; les déchets ménagers encombrants; les déblais et gravats; les déchets commerciaux, artisanaux et industriels banals assimilables aux ordures ménagères; les déchets d'origine agricole ne présentant pas de danger pour la santé humaine et l'environnement; pneumatiques; les cendres et produits d'épuration refroidis résultant de l'incinération des ordures ménagères ; et les boues en provenance de l'assainissement urbain. **(LCAGM, 2006)**

#### **I.2.1.2. Composition des déchets réceptionnés**

La nature des déchets peut différer d'un pays à l'autre, ou même d'une région à l'autre dans un même pays. En Belgique, les matières biodégradables n'atteignent la valeur des 50% que par la somme des pourcentages, des produits putrescibles en plus du carton et du textiles sanitaires **(Fig.1.a)**, alors qu'en Algérie et précisément au niveau du CET Corso, les échantillons analysés ont démontré que la matière organique est l'élément majeur des ordures ménagères, avec un taux dépassant parfois les 70% **(Fig. 1.b)**. **(SOKONA et CISSE, 2014)**

En effet, dans les décharges, la décomposition des déchets par les microorganismes génère des

composés solubles qui, sous l’action du lessivage et de l’infiltration des eaux météoriques, se mélangent pour former le « jus de déchets » dénommé « lixiviat » (KHATTABI, 2002).

Cette décomposition naturelle de la matière organique est connue sous le nom de « biodégradation », qui dans ses étapes avancées va contribuer à la formation d'un biogaz constitué essentiellement du Méthane (CH<sub>4</sub>), produit par le concours de bactéries anaérobies en phase de fermentation.

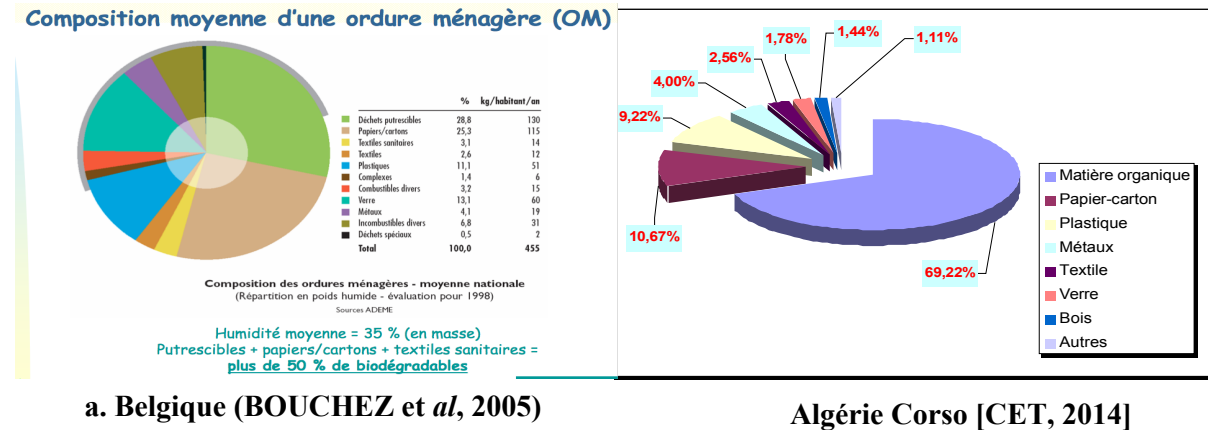


Figure.1 : Composition des déchets déversés au niveau du CET

**I.2.1.3. Lixiviat**

Dans le cas des centres de stockage de classe II, l'eau favorise la transformation bio-physico-chimique des déchets. Le fonctionnement d'une décharge peut alors être assimilé à un réacteur complexe à multi-compartiments (biologique, minéral, organique de synthèse), qui sont en permanence en contact les uns avec les autres et qui réagissent de façon interactive (BELLE, 2008). « Le jus de déchet » résultant des réactions bio-physico-chimiques sur la matière putrescible enfouit, auquel s'ajoute la percolation de l'eau de pluie météorique et de ruissellement dans le casier de décharge constitue le lixiviat.

La législation européenne définit le lixiviat comme étant « tout liquide filtrant par percolation des déchets mis en décharge et s'écoulant d'une décharge ou contenu dans celle-ci. « (Art 2 (i), Directive européenne sur les décharges, adoptée le 27 avril 1999) ».

**✚ Composition du lixiviat**

Vecteur principal dans la formation du lixiviat, l'eau draine dans son passage tous les éléments charriables possibles passant par l'organique, l'inorganique, le vivant, l'inerte, le soluble et

l'insoluble vers le bassin de récupération, qui est, à la fois, bassin de décantation.

La nature des déchets joue un rôle prépondérant dans la composition du lixiviat. Les analyses physico-chimique et bactériologique peuvent déterminer avec exactitude les constituants, dont la loi a limité les valeurs de rejet. Par-contre, il faudra noter que l'intérêt des juristes n'est porté que sur les paramètres nocifs et polluants. **Tableau I**

**Tableau I : Quelques paramètres exigibles par la réglementation algérienne (JORADP, 2013)**

| Paramètres physiques    | Paramètres chimiques     | Paramètres bactériologiques |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Température             | PH                       | Coliformes totaux           |
| Salinité                | DBO <sub>5</sub>         | Coliformes fécaux           |
| Oxygène dissout         | DCO                      | Streptocoques               |
| Turbidité               | Les produits azotés      | <i>Escherichia coli</i>     |
| Conductivité électrique | Les phosphores           | Les vibrio                  |
|                         | La matière en suspension | Les salmonelles             |
|                         | Les métaux lourds        | Germes pathogènes           |

#### ✚ Types de lixiviats

En plus des paramètres physico-chimiques analysables, pouvant nous renseigner sur la concentration et l'état du lixiviat, l'oxygène est l'un des paramètres clé à la détermination de la biodégradabilité de ce dernier.

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> permet d'avoir une idée réaliste de la biodégradabilité d'un effluent (RODIER et al., 2009). Aussi, ce rapport permet de révéler le type et l'âge du lixiviat (tableau II)

**Tableau II : Type et âge du lixiviat en fonction du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> (Rodier et al., 2009; TRABELSI, 2011)**

| Paramètres                   | Type de lixiviat                      | Age du lixiviat            |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| DCO/DBO <sub>5</sub> < 3     | Facilement biodégradable              | lixiviat jeune.            |
| 3 < DCO/DBO <sub>5</sub> < 5 | Moyennement biodégradable             | lixiviat intermédiaire.    |
| DCO/DBO <sub>5</sub> > 5     | Difficilement, voir non biodégradable | lixiviat mature ou stable. |

#### ✚ Genèse et évolution des lixiviats

La décomposition des déchets organiques fermentescibles par biodégradation est suivie impérativement par la production du lixiviat et du biogaz. Les lixiviats évoluent dans le temps selon une succession de phases de dégradation qui dépend de la qualité des ordures ménagères (proportion de matière biodégradable), du volume des déchets, de leur mode de mise en dépôts, et des conditions climatiques (BELLE, 2008).

D'après Polhand (1985) et Chian (1985), on distingue cinq phases basées principalement sur les variations d'évolution qualitative et quantitative des lixiviats (**BELLE, 2008**).

#### **Phase I – aérobie (hydrolyse)**

Toute la matière organique facilement biodégradable est alors oxydée, ces réactions sont fortement exothermiques (**BELL, 2008**). La matière organique est convertie en CO<sub>2</sub>, en eau, en énergie et en produits dérivés de cette dégradation. (**BELLENFANT, 2001**)

#### **Phase II – anaérobie (acidogénèse)**

Durant cette phase, il y a passage des conditions aérobie aux conditions anaérobies, la capacité de rétention en eau des déchets étant dépassée avec formation de lixiviats. La dégradation anaérobie de la matière organique est un processus microbiologique et biochimique complexe, mettant en œuvre de nombreuses espèces bactériennes, transformant la matière organique fermentescible principalement en méthane et gaz carbonique (**BELLE, 2008**).

#### **Phase III – anaérobie méthanogène instable (acétogénèse) (BELLE, 2008) :**

Les acides gras volatils deviennent prépondérants avec fermentation des constituants biodégradables des lixiviats. Le pH diminue avec une mobilisation et une possible complexation des espèces métalliques et l'hydrogène peut être détecté et affecter la nature et le type des produits intermédiaires formés.

Du CH<sub>4</sub> apparaît, le H<sub>2</sub> et N<sub>2</sub> sont entièrement consommés, le CO<sub>2</sub> se réduit et se stabilise vers 45 % (CH<sub>4</sub> : 0 % → 55 %, CO<sub>2</sub> : 75 % → 45 %). (**BELLENFANT, 2001**)

#### **Phase IV – anaérobie méthanogène stable (méthanogénèse) :**

Pendant cette phase, les produits intermédiaires apparus pendant la phase acide se transforment en méthane et en dioxyde de carbone avec remontée du pH à une valeur élevée, contrôlée par la capacité tampon du système carbonate.

Le potentiel d'oxydoréduction est au plus bas et les nutriments continuent à être consommés ; les métaux poursuivent la complexation et la précipitation.

La charge organique des lixiviats décroît beaucoup et la production de gaz augmente proportionnellement (**BELLE, 2008**).

#### **Phase V – Phase de maturation finale (BELLE, 2008) :**

Il s'agit d'une stabilisation des constituants organiques disponibles dans les déchets et solubilisés dans les lixiviats. La production de biogaz chute puis cesse et les matières organiques plus résistantes à la biodégradation sont converties très lentement en molécules, telles les acides humiques et acides fulviques, capables de complexer et solubiliser les métaux lourds.

Cette genèse est représentée de façon synthétique et schématique par RENOUE en 2008 (**figure.2**).

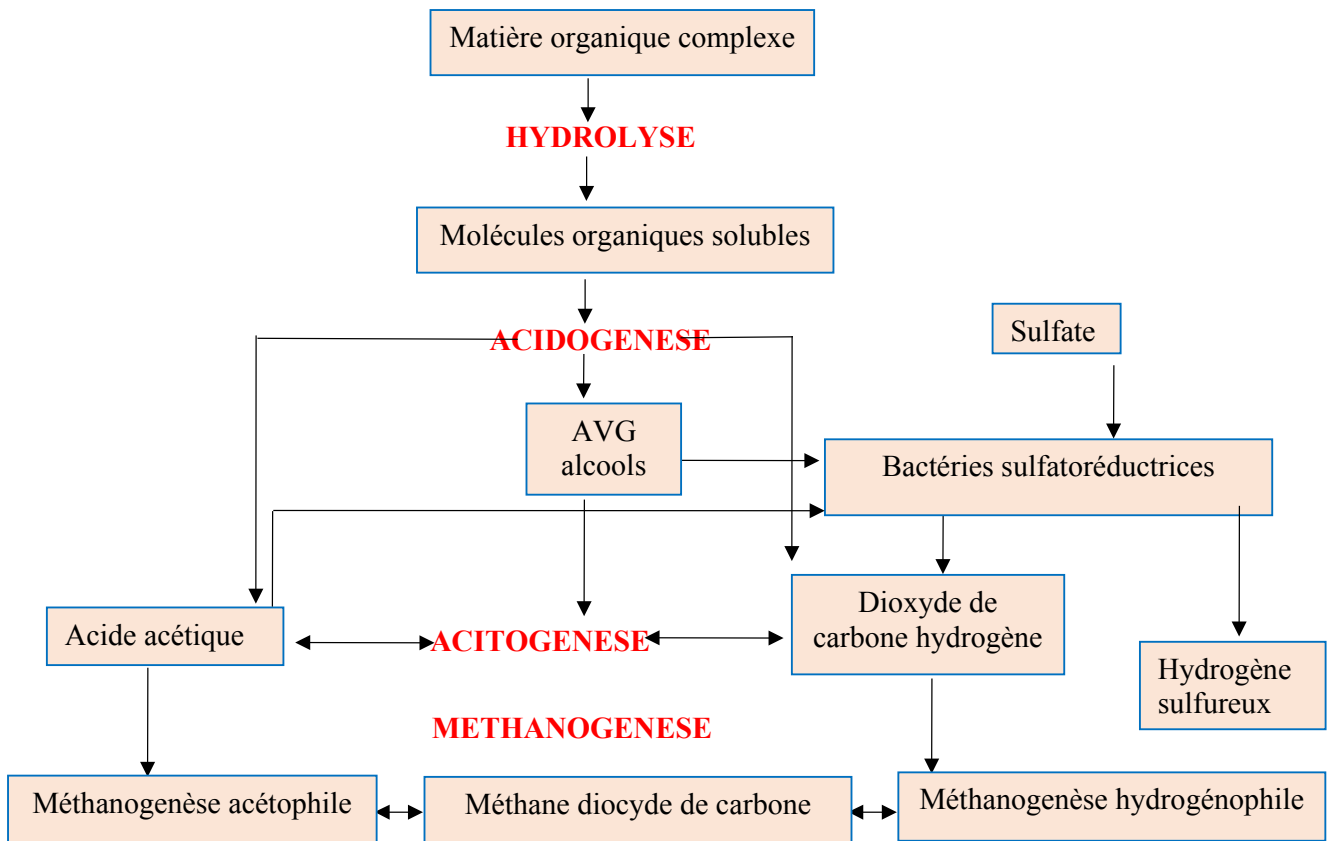


Figure.2 : Schéma synthétique de la biodégradation de la matière organique. (RENOU, 2008)

#### ✚ Influence du climat sur le lixiviat

Le climat est étroitement lié aux données géologique et hydrogéologique de la région : il intervient de façon directe et indirecte sur les réactions qui se déroulent au cœur du bioréacteur des déchets. Proportionnellement avec la pluviométrie, le volume des lixiviats augmente sensiblement en saisons des crues, et inversement proportionnelle avec l'augmentation des températures en saisons sèches.

#### ✚ Lixiviat et pollution

L'infiltration des lixiviats dans le sol est totalement prohibée et doit être évitée à tout prix. Considéré comme nuisible et source de pollution, le lixiviat peut s'infiltrer et atteindre les nappes d'eaux souterraine destinées à la consommation ou à l'irrigation. C'est pour cela qu'une décharge, dite contrôlée, doit prendre toutes les précautions nécessaires afin d'éviter d'éventuelles contaminations du sol, du sous-sol et des eaux superficielles.

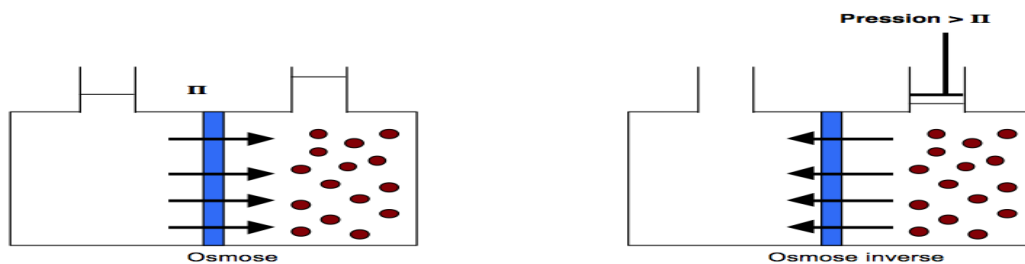
#### ✚ Impacts des lixiviats sur l'environnement

Par chaîne de réaction d'effets à causes, les contaminations subites par le sol ou l'eau finissent

toujours par se faire ressentir au niveau humain, soit par voie directe ou par bioaccumulation ; les maladies cutanées rencontrées chaque été n'en sont qu'un exemple de moindre gravité.

#### I.2.1.4. Traitement des lixiviats par Osmose inverse

L'osmose inverse (OI) est l'une des nombreuses techniques dites membranaires, c'est à dire utilisant un film de faible épaisseur semi-perméable, dont le principe repose sur la fourniture d'une pression supérieure à la pression osmotique pour inverser le passage du solvant du milieu le plus concentré au moins concentré (**figure 3**).



**Figure 3 : Principe de l'osmose inverse (FNDAE, 2002)**

Cette technique est utilisée pour le dessalement des eaux de mer ; le dessalement des eaux saumâtres ; la production d'eau ultra pure ; la production d'eau de process...

Elle utilise des membranes denses qui laissent passer l'eau et arrêtent tous les sels.

Les membranes d'Osmose Inverse s'appliquent également à l'enlèvement des contaminants suivants à savoir : les pesticides ; les radionucléides ; l'arsenic ; le bore ; les nitrates seuls et les nitrites-nitrates. (**FNDAE, 2002**)

À ce jour, l'OI s'impose comme une étape prépondérante et indispensable face au durcissement des réglementations en terme de rejet. À l'échelle industrielle, l'OI est souvent utilisée seule, avec comme simple prétraitement une filtration sur filtres à sable et/ou filtres à cartouche, ou comme étape de finition suite à un traitement biologique conventionnel ou à un bioréacteur à membranes (**figure. 4**). (**RENOU, 2008**)

Les taux d'abattement de la DCO et des métaux lourds sont respectivement supérieurs à 98 et 99% des lixiviats. (**TRABELSI, 2008**)

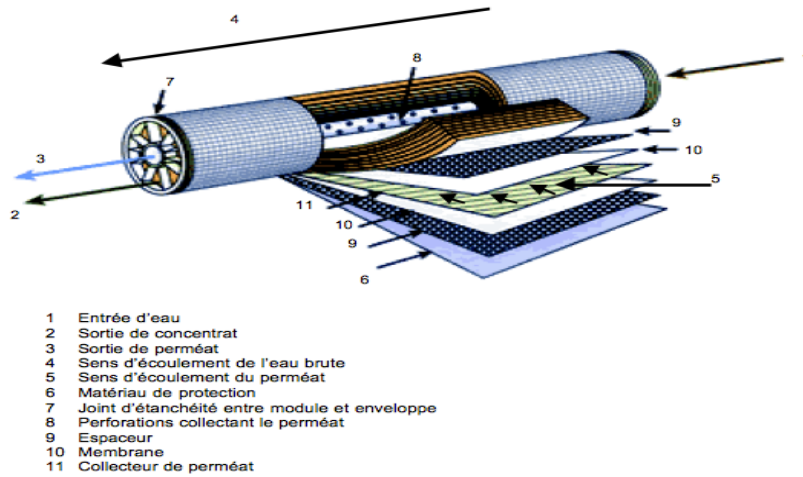


Figure 4 : Structure interne d'une membrane à spirale (FNDAE, 2002)

## I.2.2. Le CET de CORSO

### I.2.2.1. Mission

En dehors de sa mission environnementale, qui réside dans la sauvegarde du milieu par la mise sous terre des différentes ordures ménagères autorisées, le CET Corso, comme tout centre d'enfouissement technique, est plutôt une entité à prédominance économique et industrielle, avec un statut juridique d'établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), dont la principale tâche est l'enfouissement des déchets putrescibles, le tri et la valorisation des déchets recyclables.

### I.2.2.2. Fonctionnement

Le CET de Corso a entamé réellement son activité au mois de janvier 2014 et est desservit par 37 communes, représentant les deux wilayas Alger et Boumerdès, respectivement à raison de 74% et 26%, en plus de toutes les institutions représentant les différents corps de l'État comme l'Armée Nationale Populaire, la Police, les pompiers...etc.

Les inputs en déchet du CET Corso sont de l'ordre de 1342,95 tonne/jour, soit 490175,80 tonnes pour l'année 2016(CET de Corso), et dont le tri a permis la récupération de 1530 tonne de plastique uniquement, sans compter les autres matériaux recyclables comme les métaux et le carton. Par ailleurs, une étude d'impact, achevée en fin 2016, stipule que ledit casier devrait être fermé en Février 2017, vu qu'il a atteint sa limite de stockage. La réalité étant autre, le casier est toujours opérationnel et il le sera encore pour plus d'une année.

### I.2.2.3. Bassin de lixiviat et station d'épuration

D'une capacité de 25000 m<sup>3</sup>, un bassin de récupération du lixiviat est réalisé au pied du talus nord du casier de décharge, il sert à la fois pour la décantation et source de la station de traitement par osmose inverse.



**I.2.2.4. Récupération des Biogaz**

En effet, la récupération des biogaz est prévue par l'installation de puits spéciaux qui seront rehaussés, au fur et à mesure du remplissage du casier de stockage. Mais sur le terrain, la récupération de ces biogaz ne se fera qu'après fermeture et couverture du casier, par le forage de quelques puits de manière à éviter toute explosion ou incinération accidentelle et indésirable.

**I.2.2.5. Dégagement des eaux pluviales**

Un réseau de canalisation, de regards et de caniveaux dédié spécialement à l'évacuation des eaux pluviales vers Oued Corso entoure le CET. Ce réseau, qui est d'une importance extrême, devrait empêcher le ruissellement des eaux vers le casier de déchet et le bassin de lixiviat afin de ne pas accroître leurs volumes.

**I.2.2.6. Mini station d'épuration d'eau usée**

Le travail dans de tels endroits suscite une utilisation importante d'eau, par conséquent la genèse de son équivalent volume en effluents. L'installation d'une mini station d'épuration à boues activées est normalement en fonction, pour éviter les rejets d'eaux chargées dans l'assainissement de la ville s'il existe ou vers l'oued.

**I.2.2.7. Traitement du lixiviat**

Pour pallier à l'émanation des mauvaises odeurs du lixiviat retenu dans le bassin de décantation, de l'acide sulfurique y est ajouté de manière régulière. Au même temps, ce procédé est considéré comme un pré-traitement.

Pourvu de trois compartiments, cette station a une capacité de traitement de 120 m<sup>3</sup>/jour. Le traitement par osmose inverse, basé sur le principe de la filtration tangentielle sur membrane semi-perméable, ne commence qu'après deux prétraitements : le premier avec filtre à sable, le deuxième avec filtre à cartouche.

Ainsi, un gradient de filtration sera retenu comme suit :

- ✓ Réservoir de lixiviat : décantation des boues et des grosses particules ;
- ✓ Filtre à sable : pour retenir les particules de 20-50µm ;
- ✓ Filtre à cartouche : pour les particules de 1-10µm ;
- ✓ Mise en pression, au moyen d'une pompe, de l'alimentation des membranes d'osmose inverse pour les molécules < 1µm

Le « perméat » résultant de la filtration finale en osmose inverse, contenu dans des réservoirs en plastique, est destiné à la réutilisation en irrigation des espaces verts qui bordent les allées du CET ou au lavage des engins et véhicule de l'entreprise. En cas de production intense, celui-ci est rejeté via une conduite de refoulement vers Oued Corso.

Quant au « concentrat » ou le « rétentat », un petit bassin spécial lui est dédié pour le re-injecter sur

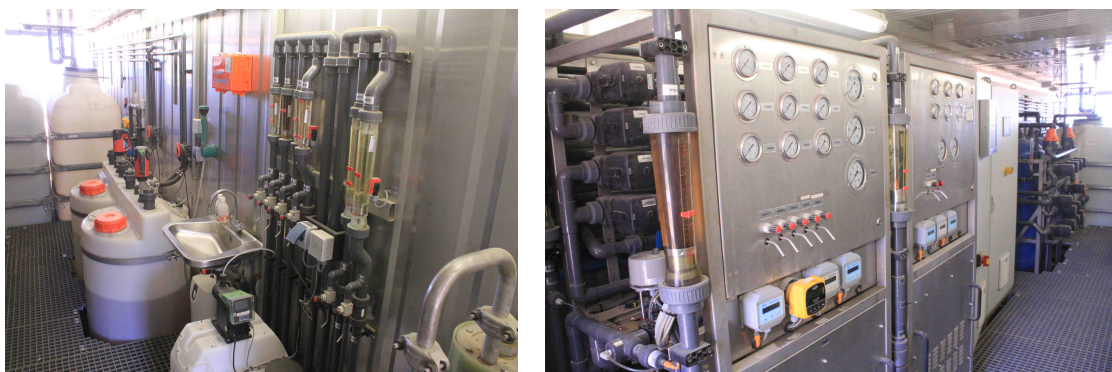
le massif des déchets, profitant des bio-réactions qui s'y passent et de l'évapotranspiration pour subir d'autres transformations.



**Figure.5.a : Station d'épuration de lixiviat par osmose inverse**



**Figure.5.b : Filtre à sable et cartouche en prétraitement à l'osmose inverse**



**Figure.5.c : Récupération du perméat et du rétentat**

**Figure.5.d : Cœur de la station d'osmose inverse**

### I.3. Cadre physique de la zone d'étude

#### I.3.1. Localisation géographique

La zone d'étude se situe dans la commune de Corso qui est naturellement délimitée par oued Boudouaou à l'ouest et oued Corso à l'est, par la Méditerranée au nord et par les formations montagneuses du djebel Bouzegza au sud (**figure.6**).

Appartenant à la Mitidja, cette zone est caractérisée par une morphologie de plaines et plateaux sub-horizontaux vers le nord. Au sud, on gagne plus en altitude, avec la formation des vallées, collines et montagnes où la pente passe de 0% à 20%.



**Figure 6 : Délimitation de la commune de Corso sur Google Earth.**

#### I.3.2. Géologie

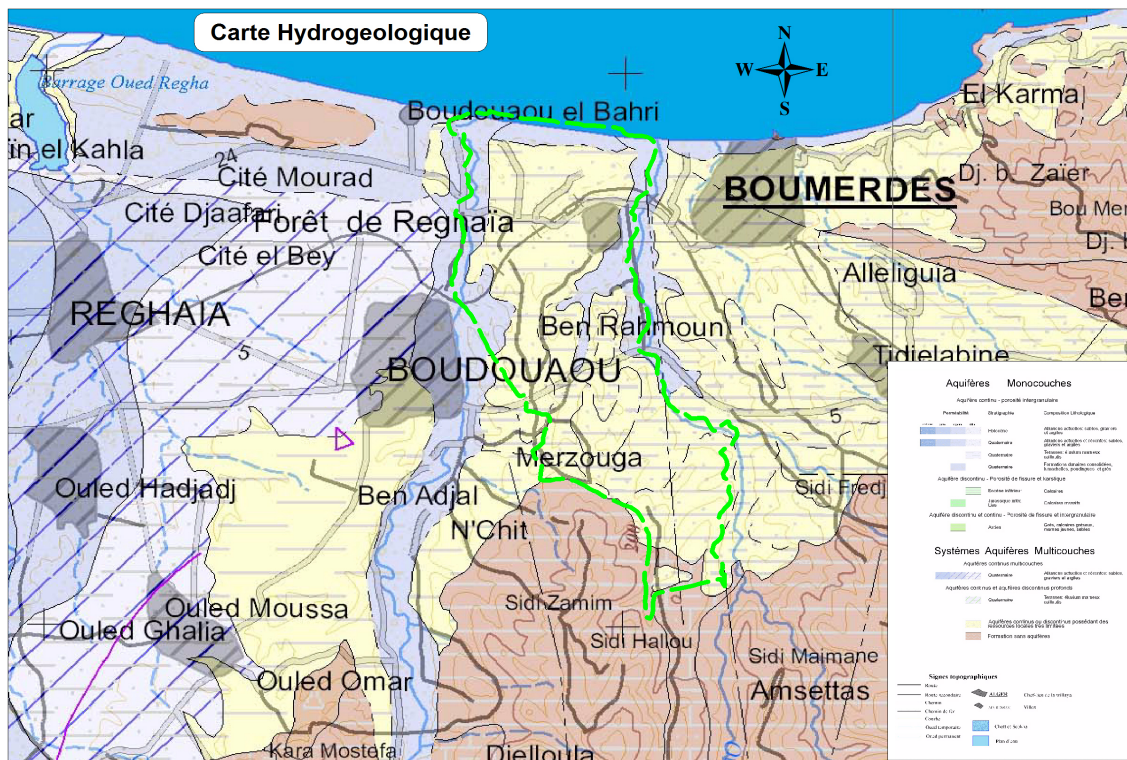
La carte géologique couvrant cette zone montre la prédominance de terrains argilo-détritiques quaternaires imperméables, à la fois marins et continentaux, qui surmontent des terrains plus anciens, soit pliocènes, argilo-marneux, soit marneux datant du Plaisancien.

En outre, Corso est considérée comme une zone touristique pour ses plages et infrastructures estivales, mais aussi une région à prédominance agricole avec plus de 1700 Ha de terre cultivable, dont le maraîchage, la céréaliculture, l'arboriculture et l'oléiculture dans les régions montagneuses.

**I.3.4. Description de Oued CORSO**

Longeant la vallée de Corso (**Figure.7**), dont il a pris le nom, l'oued prend naissance de Djebel Bouzegza au prolongement ouest de la dorsale Kabyle et puise son eau du sous bassin versant de Cap-Matifou, dont la superficie est de 92,75 km<sup>2</sup> (**BOUADJELA, 1993**).

La longueur de l'oued est estimée à 15 km par calcul de sa trajectoire sur Google Earth. S'écoulant du Sud au Nord, il suit grossièrement l'axe du sillon synclinal de la vallée jusqu'à l'embouchure vers la mer Méditerranée.



**Figure.7 : Carte hydrogéologique de la vallée de Corso.**

La largeur du lit change fréquemment (**Figure.8**) le long de son chenal en fonction des crues et des espaces traversés, inspectée le 31 Mai au moment où la sécheresse a déjà sévi, montre clairement la profondeur de l'érosion provoquée par son passage, démontrant l'importance de son débit soit par saison soit par année de crue. Sachant que la construction du barrage de Kaddara a sensiblement contribué à sa décadence. Il est caractérisé par un important débit en hiver et pratiquement sec en été.



Figure. 8.a : Lit mineur de l'Oued Corso



Figure. 8.b : Lit majeur de l'Oued Corso

### I.3.5. Le centre d'enfouissement technique « CET Corso »

Réalisé en pleine zone rurale et agricole, à l'extrémité sud de la commune de Corso et à 450 m à vol d'oiseau de la route nationale RN05, l'autoroute reliant Alger et Tizi-Ouzou, le CET Corso culmine sur un vallon doux au sud-ouest de la wilaya de Boumerdès, à 4,5 km de son chef-lieu. (Figure.9)

Limité par oued Corso vers le nord, le site s'étend sur 60 hectare et occupe une position prépondérante par rapport aux différentes communes le desservant en déchet, à savoir Boudouaou, Réghaia, Rouiba, Tidjelabine et Boumerdès, sans oublier sa commune d'installation, à savoir Corso. Du côté Ouest, la cité Aoudia est l'agglomération la plus proche du CET, soit 250 m de l'entrée du centre ; tandis que sur les autres points cardinaux il est entouré de terrains agricoles et de fermes avicole avec quelques installations éloignées d'entreprises à caractère industriel.

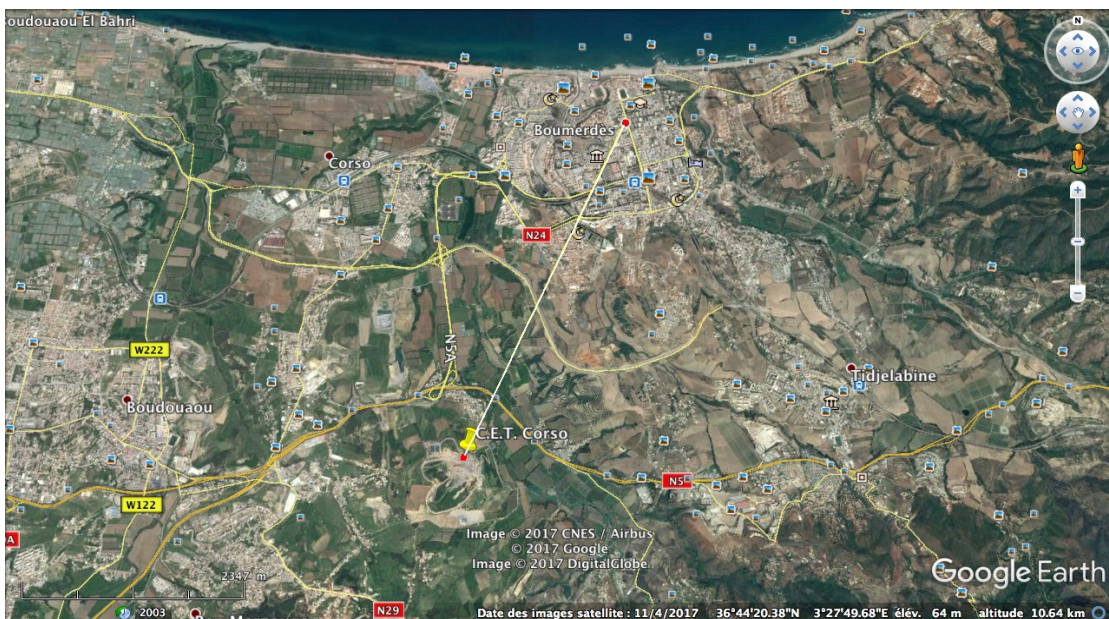


Figure.9: Vue satellitaire de la localisation du CET Corso par rapport au chef-lieu de wilaya de Boumerdès

### I.3.6. Synthèse climatique

La pluviométrie et la température sont les deux facteurs clés intervenant, de manière directe et indirecte, dans toutes les ressources hydriques de la région ; Oued Corso n'en est pas le moins touché par la variation de celles-ci.

Nous avons effectué une étude climatique sur la période allant de 1990 à 2011 à partir des données fournies par la station météorologique de Dellys « station de référence »

#### I.3.6.1. Les Précipitations

##### ✓ Précipitations mensuelles moyennes

La zone d'étude enregistre une hauteur annuelle moyenne de 791,7 mm et une répartition mensuelle assez régulière en fonction des années. Le mois le plus arrosé étant le mois de novembre avec une moyenne de 122,4 mm tandis que le mois le moins arrosé est le mois de juillet avec une pluviométrie qui est de l'ordre de 1,8 mm (**Fig.10**)

##### ✓ Régime pluviométrique

Le régime pluviométrique sert à caractériser la répartition saisonnière des pluies en un lieu donné. Le régime pluviométrique de notre zone d'étude est déterminé à partir du **tableau III**.

**Tableau III : Régime pluviométrique de la zone d'étude**

| Saisons                         | Automne (A) | Hiver (H) | Printemps (P) | Été (E) |
|---------------------------------|-------------|-----------|---------------|---------|
| <b>Moyenne saisonnière (mm)</b> | 82,6        | 107,23    | 67,27         | 6,83    |

Ce régime peut nous renseigner sur la période optimale de recharge des aquifères. Dans notre cas, cette période s'étale de l'automne au printemps en passant par l'hiver. L'analyse du graphe ci-dessous fait ressortir :

La prédominance des pluies d'hiver et d'automne avec respectivement **107,23 mm** et **82,6 mm**.

Le régime pluviométrique de type **H.A.P.E**, ce qui veut dire que les précipitations, par ordre d'importance, ont lieu en **Hiver (107,23 mm)**, en **Automne (82,6 mm)**, au **Printemps (67,27 mm)**, et enfin en **Été (10,8 mm)**.

#### I.3.6.2. Les températures

La température moyenne annuelle est égale à **18.11°C**. Les températures maximales enregistrées correspondent à la période estivale. Quant aux températures les plus basses (période froide), elles correspondent à celles enregistrées durant les mois allant de décembre jusqu'à mars. (**Fig.11**)

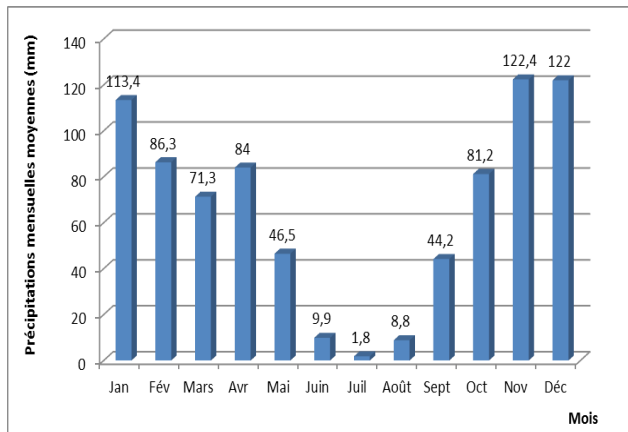


Figure.10 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles (station météorologique de Dellys)

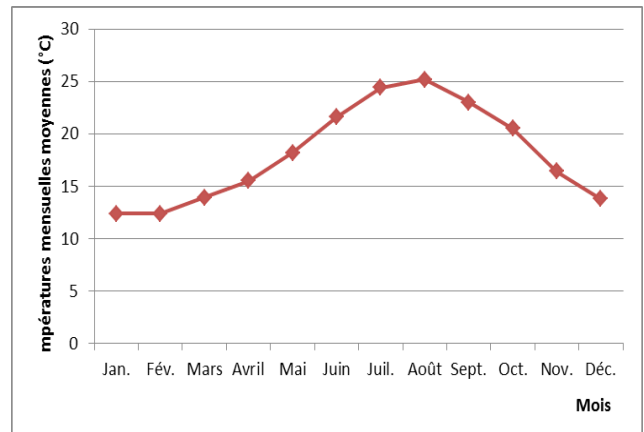


Figure.11 : Répartition des températures moyennes mensuelles (station météorologique de Dellys)

**I.3.6.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен**

Il est nécessaire de caractériser la période sèche relative à la région, pour cela nous avons dressé le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.

Pour un mois sec la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations ; quant au mois humide, la courbe des précipitations passe en dessus de celle des températures

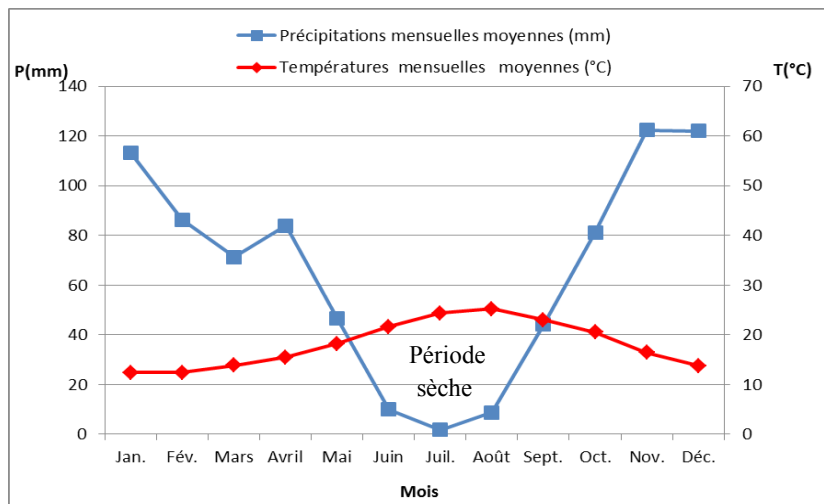


Figure.12 diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

D'après le diagramme (figure.12), la période sèche s'étale sur environ 4 mois : elle commence de la mi-Mai jusqu'à la mi-Septembre.

**I.3.6.4. Etage bioclimatique**

La détermination de l'étage bioclimatique se fait grâce au Climagramme d'Emberger et le quotient pluviométrique d'Emberger (Q<sub>2</sub>) ainsi calculé :

$$Q_2 = \frac{2000 P}{(M - m)(M + m)}$$

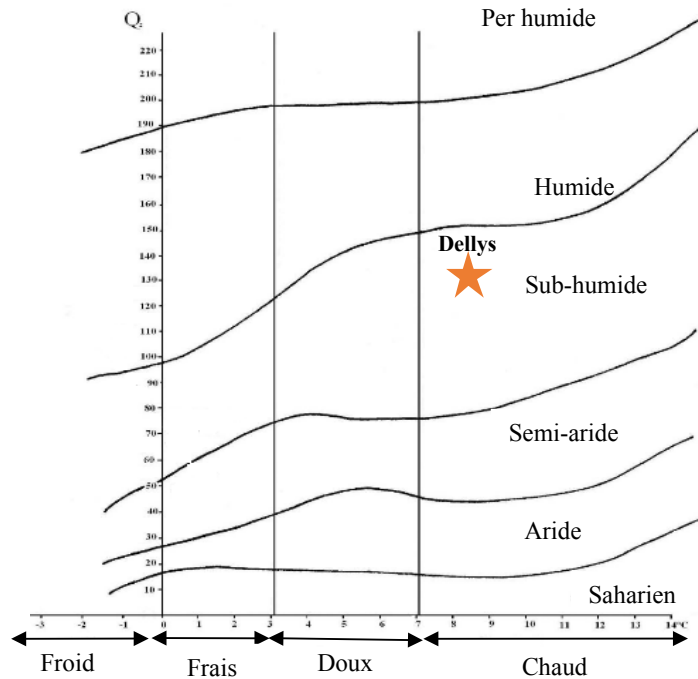
**P**: précipitation annuelle en mm, P=791,7 mm

**M**: température maximale du mois le plus chaud en (K). M du mois de juillet M= 302.1

**m**: température minimale du mois le plus froid en (K). m du mois de janvier m=281.8

Le quotient pluviométrique d'Emberger ( $Q_2$ )= 133.58

La zone d'étude s'insère dans l'étage bioclimatique subhumide, à variante hiver chaud (**figure.13**).



**Figure.13 : Climagramme pluviométrique d'Emberger de la station de Dellys.**

### I.3.6.5. Bilan hydrique

Un taux élevé d'évapotranspiration de l'ordre de **1210 mm/an**, conjugué à des précipitations de l'ordre de **791,7 mm/an**, concoure à un bilan hydrique annuel logiquement déficitaire (négatif) tel qu'indiqué ci-après :

$$\text{Bilan hydrique} = P - \text{ETP} = 791,7 - 1210 = -418,3 \text{ mm}$$

En conclusion de cette analyse climatique, on relève les indications suivantes :

- Une pluviométrie annuelle de **791,7 mm** (faibles apports hydriques en grande partie issus de pluies et rarement de la fonte de neige) ;
- Une température moyenne annuelle de **18,11°C** ;
- Un bilan hydrique négatif **- 418,3 mm**.



## *Chapitre II*

### *Matériel et méthodes*

Dans le but de caractériser les rejets du CET de Corso et leurs impact sur Oued Corso, des analyses physico-chimiques et bactériologiques ainsi qu'un dosage des métaux lourds sont programmés sur deux périodes d'échantillonnage : l'une en période humide (entre Mars et Avril), l'autre en période sèche (Juin).

Nous avons à cet effet choisi deux laboratoires pour effectuer l'analyse de nos prélèvements :

- ✓ Partenaire de l'Agence National des Déchets et sous tutelle du ministère chargé de la protection de l'environnement, le Laboratoire Régional Centre de l'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable « ONEDD », de Ben Aknoun, qui a bien accepté de prendre en charge les analyses physico-chimiques de notre étude, sur les deux substrats : eau et sédiments.
- ✓ Le Centre National de Recherche et de Développement de la pêche et de l'Aquaculture « CNRDPA » de Bouismail, mit à notre disposition tous les réactifs et les équipements nécessaires pour effectuer les analyses bactériologiques.

## **II. Matériel et méthodes**

### **II.1. Matériel**

Nous avons eu recours à un ensemble d'outils afin d'élaborer correctement notre échantillonnage, il s'agit d'une blouse blanche, des gants purifiés, une paire de botte, un appareil à photos numériques, une glacière avec suffisamment de pochettes congelées, des bouteilles en plastique PET vides et propres, une corde métrée, des sacs de congélation, une louche en plastique, du scotch en papier, un crayon noir et un multiparamètre.

Pour les analyses aux seins des laboratoires, il s'agit essentiellement de la verrerie, des milieux de cultures, des réactifs ainsi que les divers appareils tel que : la balance analytique, le spectrophotomètre, le spectromètre à absorption atomique (SAA), l'agitateur, le microscope, la loupe binoculaire, la plaque chauffante, l'étuve et le dessiccateur,

### **II.2. Méthodes**

#### **II.2.1. Echantillonnage**

##### **II.2.1.1. Stratégie d'échantillonnage et choix des prélèvements**

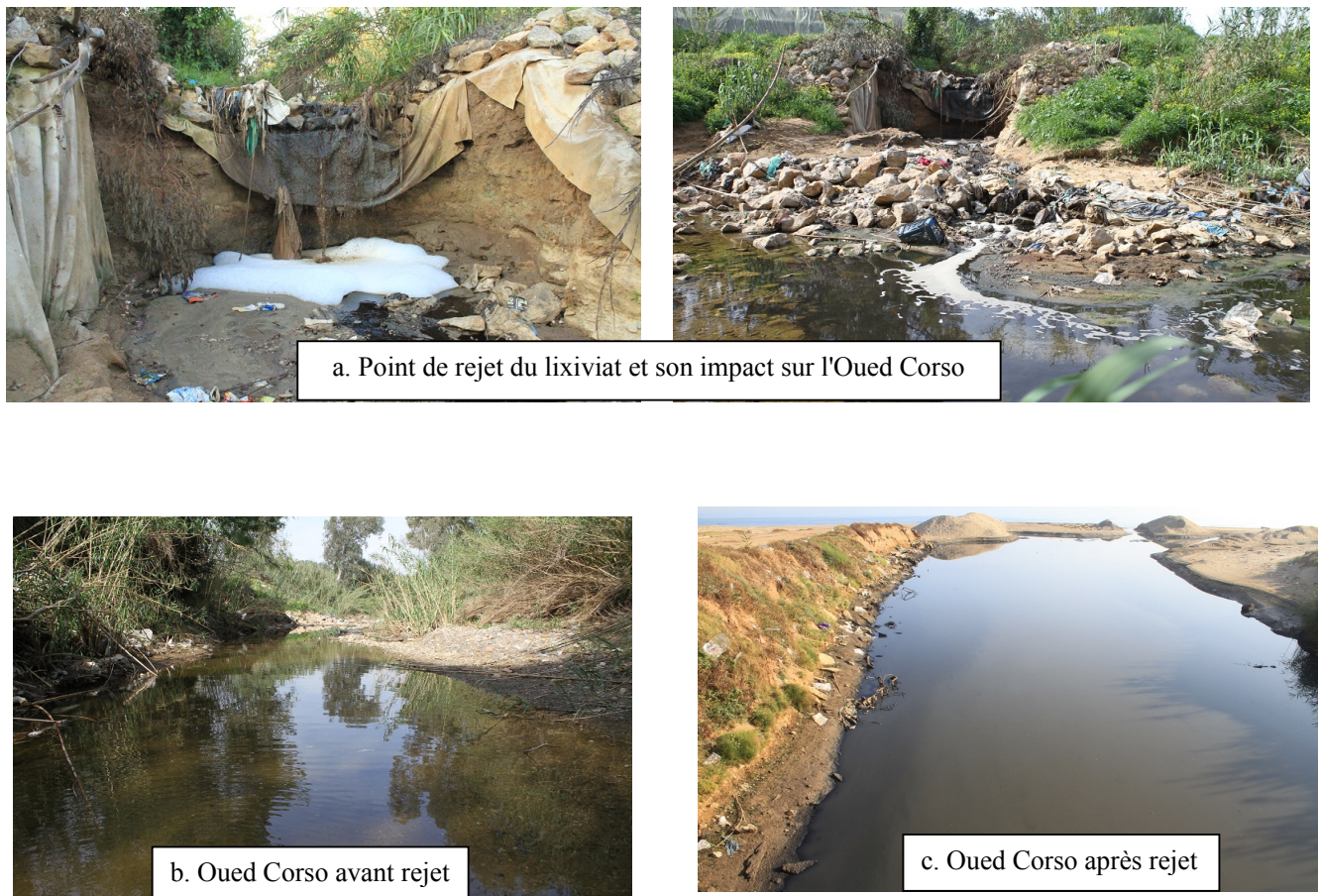
Nous nous sommes intéressés lors de notre étude aux lixiviats traités. De ce fait, nous avons choisi comme points de prélèvements :

- ◆ **P1**, le Point de Rejet : considéré comme un point de référence. C'est le point de déversement du lixiviat avant qu'il n'entre en contact avec l'eau de Oued Corso dont les coordonnées géographiques sont : la latitude : 36.73° Nord et la longitude : 03.46° Est avec une Altitude : 19,3 m. (**Figure.a.14**)
- ◆ **P0**, le point avant rejet : sachant que l'oued a un sens d'écoulement d'amont en aval, nous

avons choisi un point à 50 m en amont du point de référence, pour écarter toute hypothèse de contamination par les lixiviats. **(Figure.b.14)**

- ◆ **P2**, le point après rejet : là aussi nous l'avons choisi un point à 50 m en aval du point de rejet, en s'assurant que le métissage des deux eaux (eau de l'oued et le lixiviat) s'est bien effectué. **(Figure.c.14)**

En effet, Nous avons limité le nombre de nos prélèvements à cause du manque de moyens et de structures prenant en charge les diverses analyses. De ce fait nous nous sommes contentés de deux campagnes d'échantillonnages, suivant le facteur pluviométrique : période des crues ou humide, effectué le 14 Mars 2017, et période sèche, réalisé le 12 Juin 2017 tout en se limitant aux trois points de prélèvement déjà mentionnés.



**Figure 14. Les trois lieux de prélèvement, le point de rejet, avant et après le rejet du lixiviat**

**II.2.1.2. Méthode d'échantillonnage et conditions de prélèvement****II.2.1.2.1. Echantillonnage pour les analyses physico-chimiques**

Nous avons effectué la première campagne le 14 Mars 2017. Trois bouteilles, de 1500ml, soigneusement préparées, sont remplies de liquides respectivement à nos trois points d'échantillonnages. Etiquetées et codifiées, les bouteilles sont mises dans une glacière.

La deuxième campagne a été effectuée période sèche et ce le 12 Juin 2017. Cependant et à la différence des prélèvements précédents, nous n'avons eu que deux points d'échantillonnage au lieu de trois, soit : P1 : Point de rejet ; P0 : Point avant rejet ; étant donné que le P2 point après rejet n'y était plus.

**II.2.1.2.2. Echantillonnage pour les analyses bactériologie**

La première campagne pour les analyses bactériologiques a été réalisée que le 10/04/2017. Le jour du prélèvement, à 7h30 du matin, le temps était ensoleillé avec beaucoup de brume et d'humidité et une température de l'air ne dépassant pas 13° Celsius. La saison des crues est vite passée, mais le niveau de l'oued a bien augmenté. Le remplissage des flacons c'est fait dans le respect des pratiques bactériologiques.

Les échantillons pour la bactériologie ont été acheminés au CNRDPA à Bousmail, où nous avons effectué les analyses.

La deuxième campagne a été effectuée le 12 Juin 2017 et a aussi concerné uniquement deux points de prélèvement P1 : Point de rejet ; P0 : Point avant rejet.

**II.2.1.2.3. Echantillonnage des sédiments**

Le prélèvement des sédiments s'est fait sur deux points uniquement : au point avant rejet et au point après rejet. Réalisé le 14 Mars 2017, au même moment des échantillons destinés aux analyses physico-chimique, le substrat est récupéré grâce à une louche en plastique perforé et mis dans les sacs de congélation. Bien fermés et étiquetés les sacs sont emmenés dans la glacière avec les autres échantillons au LRC.

Le sédiment du point avant rejet est sableux de couleurs marron. Le deuxième sédiment, soit après rejet, est marneux de couleur noir, d'où une forte odeur de pétrification au moment du remous.

Il faudra noter que seules les analyses des métaux lourds seront considérées pour cette fraction d'échantillon.

**II.2.2. Méthodes d'analyses**

Les méthodes d'analyses suivies pour la réalisation de ce travail sont celles des laboratoires d'accueils et selon leurs protocoles.

### II.2.2.1. Analyses physico-chimiques des eaux des Oued Corso

#### II.2.2.1.1. Paramètres mesurés *in situ*

Une mesure *in situ* permet d'estimer les conditions du milieu au moment du prélèvement et ainsi d'expliquer certains résultats physico-chimiques.

Tous les paramètres mesurables *in situ* ont été réalisés par le multi-paramètre WTW 3420 de la « Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH », utilisant des sondes électroniques pour chaque paramètre ou ensemble de paramètres mesurés. Les paramètres analysés durant les deux périodes humide et sèche sont : la température, le potentiel Hydrogène *pH*, la conductivité électrique la salinité et l'Oxygène dissous.

#### ✓ Principe de mesure par multi-paramètre :

Il est préconisé de réaliser les mesures tôt dans la matinée et d'étalonner les sondes avant chaque campagne d'échantillonnage. L'étalonnage permet de garantir la justesse de la mesure et de répondre aux exigences énoncées dans les normes (**Tableau. IV**).

#### - Température / *pH*

Les électrodes à *pH* avec un électrolyte à liquide à 3 mol/l de KCl, un corps en verre facile à nettoyer et un diaphragme en platine, une tige en plastique, capteur de température intégré et diaphragme en céramique.

#### - Conductivité / salinité

Cellules de mesure de conductivité avec quatre électrodes en graphite, pour les mesures standards dans les solutions aqueuses sur le terrain et en laboratoire

#### - Oxygène dissous / saturation en Oxygène

Capteurs galvaniques d'oxygène dissout recouverts de membrane pour la mesure dans l'eau et dans les solutions aqueuses avec compensation intégrée de la température et surveillance de fuite de membrane.

**Tableau. IV : Normes des exigences du multiparamètre WTW 3420**

| Paramètres             | Normes                    |
|------------------------|---------------------------|
| <b>pH</b>              | NF T01-013 Juillet 1974   |
|                        | NF EN ISO 10523 Mai 2012  |
|                        | NF T90-008 Février 2001   |
| <b>oxygène dissous</b> | NF EN 25814 Mars 1993     |
|                        | PR NF ISO 17289 Août 2013 |
| <b>conductivité</b>    | NF EN 27888 Janvier 1994  |

➤ **Mode opératoire**

- Allumer le multi-paramètre et brancher la sonde de pH ;
- prendre la température de l'air ambiant ;
- plonger la sonde dans le milieu directement et attendre la stabilisation de l'affichage ;
- enregistrer des résultats et changer de paramètre par simple touche de bouton ;
- lire les résultats et rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- changer d'électrode et changer le paramètre de lecture et ainsi de suite.

➤ **Expression des résultats**

L'appareil donne les valeurs des paramètres en unités internationales

A partir des résultats de l'Oxygène dissous, nous déduisons le taux de saturation en Oxygène par la formule

$$\% \text{ de saturation en } (O_2) = \text{valeur d'O}_2 \text{ mesurée (mg/l)} / \text{valeur d'O}_2 \text{ maximale} \times 100$$

La valeur d'O<sub>2</sub> mesurée correspond à la quantité d'O<sub>2</sub> lue sur l'écran du multiparamètre.

La valeur d'O<sub>2</sub> maximale correspond à la quantité maximale d'oxygène qui peut être dissous dans un litre d'eau, pour des températures données. (**Tableau en annexe I**)

**II.2.2.1.2. Dosage des matières en suspension (Norme internationale : ISO 11923 ; 1997 modifié par SOP LRC ; 2011)**

La matière en suspension englobe l'ensemble des éléments organiques et inorganiques, vivants ou inertes, qu'ils soient surnagent ou colloïdaux, dans un milieu aquatique.

- **Principe :** le taux des matières en suspension est déterminé par pesée du résidu sec contenu dans un filtre en fibres de verre séché à 105°C après passage de l'échantillon à travers ce dernier. Il s'agit d'une filtration sous vide ou sous pression.
- **Mode Opératoire :**
  - Laisser l'échantillon atteindre une température ambiante ;
  - Peser le filtre ( $a_0$ ) puis le placer dans l'entonnoir de l'appareil à filtration (filter holder marque ADVANTEC type KSF-47, diamètre 47mm) à l'aide d'une pince et connecter le dispositif d'aspiration sous vide.
  - Agiter vigoureusement le flacon et transférer immédiatement et d'un seul trait un 100 ml de l'échantillon à analyser dans une éprouvette graduée ;
  - Filtrer l'échantillon et rincer l'éprouvette avec 20 ml d'eau distillée et laver le filtre avec cette portion puis rincer aussi les parois internes de l'entonnoir avec une autre portion de 20ml d'eau distillée ;
  - Libérer le dispositif lorsque le filtre est pratiquement sec ;

- Retirer le filtre délicatement de l'entonnoir avec une pince et placer le filtre sur un support de séchage ;
- Placer le support de séchage dans l'étuve à  $105 \pm 0,2^\circ\text{C}$  pendant 02 heures, retirer-le et placer-le dans un dessiccateur ;
- Peser de nouveau le filtre ( $a_1$ ).
- Préparer un blanc dans les mêmes conditions en utilisant du papier poudre et noter le poids avant filtration  $b_0$  et après filtration  $b_1$ .

➤ **Expression des résultats**

Le taux de matières en suspension est exprimé en milligrammes par litre et obtenu par la formule :

$$\text{MES} = \frac{(P_1 - P_0) \times 1000}{V_e}$$

Où

$a_0$  : masse en (mg) du filtre avant filtration du blanc.

$b_0$  : masse en (mg) du filtre après filtration du blanc.

$a_1$  : masse en (mg) du filtre avant filtration de l'échantillon.

$b_1$  : masse en (mg) du filtre après filtration de l'échantillon.

$V_e$  : volume d'échantillon analysé en (ml)

**II.2.2.1.3. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) : (Norme internationale : ISO 5815 ; 1989 (F) modifié par SOP LRC ; 2011)**

- **Principe :** la (DCO) repose sur la détermination de la concentration en masse d'Oxygène équivalente à la quantité en dichromate consommée par les matières organiques dissoutes et en suspension.
- **Mode opératoire :**
  - Laisser l'échantillon atteindre une température ambiante ;
  - Prélever 10 ml de l'échantillon à l'aide d'une pipette jaugée et les mettre dans le tube à essai ;
  - Sous la hotte aspirante mettre  $5 \pm 0,01$  ml de solution de dichromate de potassium dans le tube et agiter ;
  - Ajouter 15ml de solution de sulfate d'argent puis la pierre ponce ;
  - Placer un tube de condensation dans chaque tube puis chauffer le tube à  $148 \pm 3^\circ\text{C}$  pendant 120 mn sur une plaque chauffante;
  - Laisser refroidir jusqu'à  $60^\circ\text{C}$  puis rincer le tube de condensation avec un volume d'eau ;
  - Retirer les tubes et les placer dans un système de refroidissement avec agitation jusqu'à refroidissement complet ;

- Ajuster le volume du tube à 100ml avec de l'eau distillée et placer un barreau magnétique et ajouter quelques gouttes de l'indicateur de Ferroin et agiter;
- Titrer l'excès de solution de dichromate de potassium avec la solution de sulfate de fer (II) ammonium ; un virage du bleu-vert vers un rouge-marron est observé et le volume titrant de sulfate d'ammonium ferreux est noté en parallèle.
- Préparer un blanc dans les mêmes conditions en utilisant de l'eau distillée.

➤ **Expression des résultats :**

La demande chimique en oxygène est exprimée en mg d'O<sub>2</sub>/l) est donnée par l'équation :

$$[\text{DCO}] = \frac{(V_1 - V_0) \times C \times 8000}{V_e}$$

Où :

V<sub>0</sub> : volume consommé en sulfate d'ammonium ferreux (II) de l'échantillon témoin en ml.

V<sub>1</sub> : volume consommé en sulfate d'ammonium ferreux (II) de l'échantillon d'eau en ml.

V<sub>e</sub> : volume d'eau utilisé pour le dosage en ml

C : concentration d'ammonium ferreux (II) en mol/l.

8000 : masse molaire de ½ d'O<sub>2</sub> mg/l.

#### II.2.2.1.4. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

- **Principe :** la détermination de la DBO<sub>5</sub> consiste à déterminer la concentration d'oxygène dissout consommée dans des conditions définies par l'oxydation biologique des matières organiques et inorganiques contenues dans l'eau.
- **Mode opératoire :**
  - Préparer l'eau de la dilution en ajoutant à un litre d'eau 1 ml de la solution tampon, 1 ml de la solution des chlorures de fer III hexa hydraté et 1 ml de de solution de sulfate heptahydrate. Ensuite enrichir et saturer cette dernière avec de l'oxygène par barbotage à l'aide du compresseur à air pendant 10 mn.
  - Prendre l'échantillon d'eau à analyser et le laisser jusqu'à atteindre la température ambiante ;
  - Ajuster le pH de l'échantillon entre 6 et 8 et prélever 10 ml à l'aide d'une pipette jaugée puis les mettre dans une fiole de 100 ml et ajuster (dilution 1/10) ;
  - prélever respectivement de la fiole 7.15 et 30 ml de l'échantillon dilué et les mettre dans des fioles spéciales DBO<sub>5</sub> ;
  - Préparer en parallèle deux fioles de DBO pour les blancs ;
  - Transvaser 350 ml de l'eau de dilution dans une éprouvette d'un litre et agiter pendant 20 secondes puis remplir toutes les fioles contenant les échantillons ainsi que celles des blancs.



- Doser l'oxygène dissout dans ces fioles sous agitation. La valeur déterminée par l'oxymètre est la  $DBO_1$ ;
- Analyser la  $DBO_2$  fois après cinq jours tout en veillant à éliminer l'excès de l'eau au niveau des couvercles des fioles ;

➤ **Expression des résultats :**

La demande biochimique en oxygène est exprimée en  $mg\ d'O_2/l$  est donnée par l'équation suivante :

$$BDO_5 = [(DBO_1 - DBO_2) \times F \times V_t / V_e] \text{ (mg/l)}$$

Où :

$DBO_1$  : concentration initiale de l' $O_2$  dissous en  $mg/l$ .

$DBO_2$  : concentration de l' $O_2$  dissous après cinq jours en  $mg/l$ .

$V_t$  : volume total de l'échantillon.

$V_e$  : volume prélevé de l'échantillon.

F : facteur de dilution (selon le tableau 1 de la norme ISO).

#### II.2.2.1.5. Dosage de l'Azote Kjeldahl : (Norme internationale : ISO 5663 : 1984 modifié par SOP LRC : 2011)

L'azote Kjeldahl NK, est représenté par la formule  $NK = N_{org} + NH_4^+$  ( $N_{org}$  : azote organique et  $NH_4^+$  : azote ammoniacal).

Cette méthode permet la transformation en ammonium des composés d'origine biologique (protéines, peptides, acides aminés) mais non celle des composés azotés d'origine industrielle (oximes, hydrazine et dérivés, hétérocycles azotés) et les nitrites et nitrates. (RODIER *et al.*, 2009).

➤ **Principe :** repose sur le dosage simultané de l'azote ammoniacal et l'azote organique. Ces deux formes d'azote sont présentes dans les débris organiques soumis aux processus biologiques naturels. Après digestion en milieu acide qui transforme tous les composés organiques azotés en azote ammoniacal, les ions ammonium sont dosés par un système automatisé.

➤ **Mode opératoire :**

- Prendre 25 ml d'échantillon à analyser et y rajouter 10 ml d'acide sulfurique concentré, 5 g de sulfate de potassium, 2 g de sulfate de cuivres et 2 à 3 pierres ponce ;
- Chauffer au  $n^{\circ}7$  puis  $n^{\circ}8$ . Dès l'apparition d'une fumée blanchâtre, poursuivre la minéralisation pendant 60 mn jusqu'à obtention d'une couleur claire ;
- Laisser refroidir puis passer à la distillation ;
- Connecter le tube à l'appareil de distillation, doser avec 50 ml de NaOH à 35% et récupérer le distillat dans 50 ml de la solution d'acide borique. Arrêter la distillation après 5mn ;
- Titrer le distillat avec de l'HCl à 0.02 mole/l jusqu'à apparition d'un virage bleu-violet

- **Expression des résultats :** l'Azote Kjeldahl est donné par l'équation suivante :

$$\text{NTK (mg/l)} = \frac{V_1 - V_2}{V_0} \times C \times 14,01 \times 1000$$

Où :

$V_0$  : volume en ml de la prise d'essai.

$V_1$  : volume de HCl utilisé pour la titration de l'échantillon.

$V_2$  : volume en ml de la solution HCl pour doser le blanc.

C : concentration en mole/l de la solution titrée HCl.

14,01 : masse molaire de l'Azote.

#### II.2.2.1.6. Dosage de l'Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) : (Norme internationale : ISO 7890/1 : 1986 modifié par SOP LRC : 2011)

- **Principe :** c'est une mesure par spectrophotomètre d'un composé bleu formé par réaction de l'ammonium à (pH  $\approx$ 12,6) avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de pentacyanonitrosylferrate (II) à une longueur d'onde 655nm.
- **Mode opératoire :** Sous hotte aspirante :
- Prélever 40 ml d'eau à analyser et les introduire dans une fiole puis ajuster son pH entre 5 et 8 ;
  - Ajouter 4 ml de la solution salicylate-citrate et bien mélanger ;
  - Ajouter 4 ml de la solution d'acide dichloroisocyanurique ;
  - Mélanger bien et placer le mélange dans un bain Marie à 25°C pendant 1 heure;
  - Laisser reposer pendant une heure puis mesurer l'absorbance à l'aide d'un

#### II.2.2.1.7. Dosage des Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) : (Norme internationale : ISO 7890/1 : 1986 modifié par SOP LRC : 2010)

- **Principe :** la réaction des nitrates, avec le dimethyl-2,6 phénol en présence des acides sulfurique et orthophosphorique, conduit à la production du nitro-4 dimethyl-2,6 phénol qui sera mesuré par spectrophotométrie d'absorbance.
- **Mode opératoire :**
- Introduire 25 ml d'échantillon d'eau à analyser dans une beurette puis ajouter 0.5
  - Filtrer et récupérer le filtrat dans un bécher sec ;
  - Prélever 35 ml du mélange d'acide sulfurique et orthophosphorique et les additionner à 5 ml de filtrat de l'échantillon et 5 ml de la solution de dimethyl-2,6 phénol ;
  - Agiter et laisser reposer pendant
- Mesurer l'absorbance au spectromètre (THERMO Electro Corporation, Helios) à la longueur d'onde de 324 nm.

**II.2.2.1.8. Dosage des Nitrites (NO<sub>2</sub>) : (Rodier, 2009)**

- **Principe :** La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et sa copulation avec la N-Inaphtyl-éthylène diamine donne un complexe coloré rose et susceptible d'un dosage colorimétrique.
- **Mode opératoire**
  - Ajouter 1ml de réactifs mixte à 50ml d'eau à analyser ;
  - Après homogénéisation laisse le mélange agir pendant 10min ; l'apparition d'une couleur rose indique la présence du nitrite; la lecture sera effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde 543nm.

**II.2.2.1.9. Dosage du Phosphore total (P) : (Norme internationale : ISO 6878 : 2004 modifié par SOP LRC : 2011)**➤ **Principe :**

La détermination du phosphore total s'effectue en deux étapes. Suite à la digestion à l'oxydation de toutes les formes de phosphore avec du persulfate de potassium en milieu acide sous pression à 121 °C, ce dernier est réduit avec l'acide ascorbique.

➤ **Mode opératoire :**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser non filtré, ajouter 4 ml de K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> ;
- Chauffer le mélange à 120°C pendant 30 mn à l'autoclave puis refroidir et transférer dans des fioles de 50 ml ;
  - Neutraliser le pH et ajouter 1ml d'acide ascorbique puis 2 ml de la solution de molybdate d'acide ;
  - Préparer le blanc dans les mêmes conditions en utilisant 40 ml d'eau distillée ;
  - Laisser reposer pendant 30 mn et mesurer au spectrophotomètre à 880 nm
  - Etablir une courbe d'étalonnage à partir de standards.

➤ **Expression des résultats :**

A partir de la courbe d'étalonnage, calculer la concentration en masse, exprimée en mg/l dans l'échantillon de l'eau à l'aide de l'équation suivante :

$$C \text{ (mg/l)} = \frac{(A-A_0) \times F \times V_{\text{max}}}{V_s}$$

Où :

- A : absorbance de la prise d'essai ;
- A<sub>0</sub> : absorbance de l'essai à blanc ;
- F : inverse de la pente de la courbe d'étalonnage ;
- V<sub>max</sub> : volume maximal de la prise d'essai (40ml)
- V<sub>s</sub> : volume de la prise d'essai en ml.

### II.2.2.2. Dosage des métaux lourds

#### II.2.2.2.1. Dosages des métaux lourds dans les eaux de Oued Corso

Le dosage des éléments métalliques par spectrométrie d'absorption atomique selon les normes internationales : ISO : 12020 : 1984 (Qualité de l'eau) qui visent à déterminer les éléments métalliques dans les eaux environnementales et industrielles.

- **Principe:** Lorsqu'un échantillon acidifié est aspiré dans une flamme, acétylène/N<sub>2</sub>O pour l'Aluminium et air /acétylène pour les autres métaux, d'un spectromètre d'absorption atomique un faisceau lumineux d'une longueur d'onde donnée traverse la solution. Une fraction de la lumière incidente est absorbée en fonction de la concentration du composé à déterminer.
- **Mode opératoire**
  - Préparer les réactifs, laver et nettoyer le matériel nécessaire ;
  - préparer les solutions standards : la solution étalon mère, la solution étalon fille et la solution d'étalonnage ;
  - préparer la solution à blanc ;
  - effectuer le prétraitement de l'échantillon : filtrer l'échantillon d'eau sur une membrane de 0,45 µm de diamètre de pore. Acidifier par l'acide nitrique HNO<sub>3</sub> jusqu'à obtention d'un pH inférieure à 2. Homogénéisation par agitation et ajout de 1ml de peroxyde d'hydrogène H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ;
  - chauffer sur une plaque chauffante pour concentration jusqu'à 0,5 ml ;
  - dissoudre le résidu dans 1 ml de HNO<sub>3</sub> plus H<sub>2</sub>O ;
  - transférer dans une fiole jaugée à 100 ml après filtration sur papier filtre standard ;
  - régler tous les paramètres du spectromètre d'absorption atomique : Perkin Elmer Analyst 700.
  - étalonner
  - mesurer selon la longueur d'onde et la flamme appropriées à chaque élément ;
  - effectuer un essai à blanc ;

#### Expression des résultats :

Calculer la concentration en masse donnée par l'unité mg/l par l'équation suivante

$$[M] = \frac{(A_1 \times A_0) \times V_1}{B \times V_2}$$

A<sub>0</sub>: absorbance de la solution d'essai à blanc;

$A_1$  : absorbance de la solution de mesure;

B : pente de la courbe d'étalonnage, en litres par milligramme;

$V_1$  : volume, en millilitres, de la solution de mesure;

$V_2$  : volume, en millilitres, de l'échantillon d'eau utilisé pour la préparation de la solution de mesure.

#### **II.2.2.2.2. Dosage des métaux dans les sédiments de Oued Corso**

Le protocole du dosage des éléments métalliques dans le sédiment est pratiquement le même que celui de l'eau. Après dessiccation complète et broyage, un gramme du sédiment est repris par un mélange d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique. Le mélange ainsi obtenu doit rester couvert et reposer douze heures dans l'obscurité à température ambiante. Une fois le temps de repos écoulé, le mélange subira une évaporation lente et incomplète pendant deux heures, puis refroidissement et filtration. Le filtrat récupéré est ajusté à 100ml par de l'eau pure, désormais il est prêt pour le dosage par le spectromètre d'absorption atomique : Perkin Elmer Analyst 700.

#### **II.2.2.3. Analyses bactériologiques des eaux des Oued Corso**

##### **II.2.2.3.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux par la méthode du nombre le plus probable NPP en milieux liquides (Norme NF EN ISO 9308-3 (Mars 1999)) « La Colimétrie »**

Les coliformes se présentent sous forme de Bacilles Gram négatifs (BGN), non sporogènes, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz, en 24 à 48 heures à 37°C.

Les coliformes sont considérés comme indices de contamination fécale.

La recherche et le dénombrement des coliformes sont effectuées par la méthode du NPP (Nombre le Plus Probable) en milieu liquide sur BCPL car cette technique est préconisée pour les eaux chargées.

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- ◆ le test de présomption : réservé à la recherche des Coliformes totaux.
- ◆ le test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie et réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

##### **II.2.2.3.1.1. Test de présomption**

A partir de l'échantillon à analyser, porter aseptiquement :

- ◆ 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C double concentration muni d'une cloche de Durham ;
- ◆ 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 9 ml de milieu BCPL S/C simple concentration muni

d'une cloche de Durham.

- ◆ 3 fois 1 ml de  $10^{-1}$  dans 3 tubes contenant 9 ml de milieu BCPL S/C simple concentration muni d'une cloche de Durham ;
- ◆ continuer ainsi en fonction du nombre de dilution, (sachant que le nombre de dilution varie d'un prélèvement à un autre selon l'estimation de sa concentration).

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

La concentration initiale de l'échantillon est considérée comme concentration de départ écrite par  $10^0$ . Le nombre de dilutions à réaliser sera en fonction de l'estimation de la charge microbienne dans l'échantillon. Inoculer 1 ml de  $10^0$  dans 9 ml d'eau distillée stérile pour obtenir la concentration  $10^{-1}$ , puis 1 ml de  $10^{-1}$  dans 9 ml d'eau distillée stérile pour obtenir  $10^{-2}$  et ainsi de suite.

**Incubation :**

L'incubation se fait à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24 à 48 heures.

**Lecture :**

Sont considérés comme positifs les tubes présentant :

- un trouble microbien accompagné d'un virage de couleur du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu) ;
- un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP

**Illustration de lecture :**

Série 1 D/C : + + +

Série 2 S/C : + + +

Série 3  $10^{-1}$  : + + -

Série 4  $10^{-2}$  : + - -

Série 5  $10^{-3}$  : - - -

Dans ce cas la lecture se fera de la série 2 à la série 4 en comptabilisant le nombre de signe positif.

Le nombre caractéristique est donc « **321** » ; ce qui correspond sur la table de Mac Grady au nombre 150. On considère alors qu'il y a 150 Coliformes par 100 ml d'eau analysée.

**II.2.2.3.1.2. Test de confirmation ou test de *Mac Kenzie*.**

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de Coliformes fécaux thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les coliformes thermotolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage de 5 gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur stériles dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham

Chasser le gaz présent éventuellement dans les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

**Incubation :** l'incubation se fait cette fois-ci à 44°C pendant 24 heures.

**Lecture :** sont considérés comme positifs, les tubes présentant :

- un dégagement gazeux ;
- un trouble microbien ;
- un dépôt au fond du tube.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP exactement comme précisé précédemment.

Le résultat dans ce cas sera le nombre de coliformes fécaux dans 100 ml d'eau analysée.

#### **Recherche d'*Escherichia coli***

*Escherichia coli* est un coliforme thermotolérant qui produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C, donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl, ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol et n'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de Schubert trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes fécaux feront l'objet d'ajout de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

**Lecture :** sont considérés comme positifs, les tubes présentant un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli*. La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.

#### **II.2.2.3.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieux liquides : (ISO 7899-1 (Mars 1999)) « la Streptométrie »**

Les Streptocoques fécaux ou Streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, se présentent sous forme de cocci à Gram +, shériques à ovoïdes formant des chaînettes, ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D.

Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium.

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux se fait par la méthode de recherche en

milieu liquide. Tout comme la méthode de recherche des coliformes. Elle fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- ◆ le test de présomption
- ◆ le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

#### **II.2.2.3.2.1. Test de présomption**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- ◆ 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C ;
- ◆ 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 9 ml de milieu ROTHE S/C ;

Préparer au même temps les concentrations diluées selon la charge estimée de l'échantillon.

- ◆ 3 fois 1 ml de  $10^{-1}$  dans 3 tubes contenant 9 ml de milieu ROTHE S/C ;
- ◆ 3 fois 1 ml de  $10^{-2}$  dans 3 tubes contenant 9 ml de milieu ROTHE S/C ;
- ◆ continuer ainsi de suite.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

**Incubation** : l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

**Lecture** : sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien et doivent absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA LITSKY dans le but d'être confirmés.

#### **II.2.2.3.2.2. Test de confirmation**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide de pipette Pasteur stérile dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY. Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

**Incubation** : l'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

**Lecture** : sont considérés comme positifs, les tubes présentant un trouble microbien et une pastille violette ou blanchâtre au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (annexe).

#### **II.2.2.3.3. Recherche de *Vibrio cholerae***

Les Vibrionacae se présentent sous forme de Bacilles Gram Négatifs droits ou incurvés (BGN), très mobiles, possédant une oxydase, aéro-anaérobies facultatifs, fermentant le glucose sans production de gaz ni d' $H_2S$  (hautement pathogènes).

##### **➤ Principe :**

La recherche des Vibrios se fait par la méthode qualitative sur milieu sélectif réalisée en trois étapes



successives : le pré enrichissement, l'isolement, et l'identification biochimique.

➤ **Mode opératoire :**

- **Jour 1. Premier Enrichissement :** le premier enrichissement s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline 10 fois concentré réparti à raison de 50 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement.

Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

- **Jour 2. Deuxième enrichissement et Isolement.**

Ce flacon fera l'objet :

- d'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu EPA en tubes à raison de 1 ml ;
- d'autre part, d'un isolement sur gélose GNAB 1.

L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

- **Jour 3. Lecture et Identification de GNAB1.**

- D'une part, le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB 2,
- D'autre part, la boîte de gélose GNAB 1 subira une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques.

- **Identification morphologique et biochimique :**

Les colonies caractéristiques et distinctes de GNAB1 ou GNAB2 feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique qui se déroulent comme suit :

- Etat frais sous microscope (bacilles, mobilité) ;
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs) ;
- Oxydase (+) ;
- Ensemencement d'un tube de KIA qui sera incubé à 37°C, 24 h ;  
(Saccharose, Glucose, Gaz et H<sub>2</sub>S) ;
- ensemencement d'une galerie API 20E ;
- incubation de la galerie à 37°C pendant 24h ;
- lecture de la galerie en se référant au catalogue API ou au site API web.

#### **II.2.2.3.4. Recherche de salmonelle**

Les Salmonelles sont des entérobactéries qui se présentent sous forme de Bacilles Gram Négatifs (BGN), ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H<sub>2</sub>S ; elles se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures (hautement pathogènes).

➤ **Principe :**

La recherche des salmonelles se fait par la méthode qualitative sur milieu sélectif réalisée en trois étapes successives : le pré enrichissement, l'isolement, et l'identification biochimique.

➤ **Mode opératoire :**

- **Jour 1. Premier Enrichissement :** le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite - Cystéïné SFB D/C réparti à raison de 100 ml par flacon.

Ce dernier sera doncensemencé à l'aide de 100 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

- **Jour 2. Deuxième enrichissement et Isolement :** Ce flacon fera l'objet :

- d'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu Sélénite en tubes SFB S/C à raison de 10 % : 1ml/9ml
- d'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoen.

L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

- **Jour 3. Lecture des boîtes et Identification.**

- D'une part, le tube de SFB S/C fera l'objet d'un isolement sur Hektoen2 ;
- D'autre part, la boîte de gélose Hektoen1 subira une lecture en tenant compte du fait que les Salmonelles se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir.

- **Identification morphologique et biochimique.**

Les colonies caractéristiques et distinctes des deux Hektoen feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique qui se déroule comme suit :

- état frais sous microscope (bacilles, mobilité) ;
- coloration de Gram (bacilles Gram négatifs) ;
- ensemencement d'un tube de Kligler (TSI) qui sera incubé à 37°C, 24 h (Lactose, Saccharose, Glucose, Gaz et H<sub>2</sub>S) ;
- ensemencement d'un tube de gélose nutritive inclinée qui sera incubé à 37°C, 24 h qui servira à l'agglutination sur lame ;
- ensemencement d'une galerie API 20E ;
- incubation de la galerie à 37°C pendant 24h ;
- lecture de la galerie en se référant au catalogue API ou au site API web.

## *Chapitre III*

### *Résultats et Discussion*

### III. Résultats et Discussion

Nous avons comparé les résultats des analyses des prélèvements correspondant au point de rejet (P1) aux normes de la réglementation algérienne pour les eaux de rejets, en l'occurrence (JORADP, 2013) et ceux obtenus pour les points avant rejet (P0) et après rejet (P2) aux normes des eaux de surfaces (JORADP, 2011) d'une part. D'autre part, nous avons tenté d'apprécier la qualité chimique de la partie étudiée de l'oued.

#### III.1. Paramètres physico-chimiques

##### III.1.1. Paramètres appréciés et mesurés *in situ*

Les résultats des paramètres physico-chimique mesurés *in situ*, à savoir : la température, le pH, l'Oxygène dissous, la conductivité électrique et la salinité, pour les deux périodes humide et sèche, sont respectivement représentés sur les graphiques et interprétés.

##### III.1.1.1. Température

Les valeurs des températures relevées *in situ* des deux périodes, humide et sèche, sont regroupées dans le graphe (figure.15)

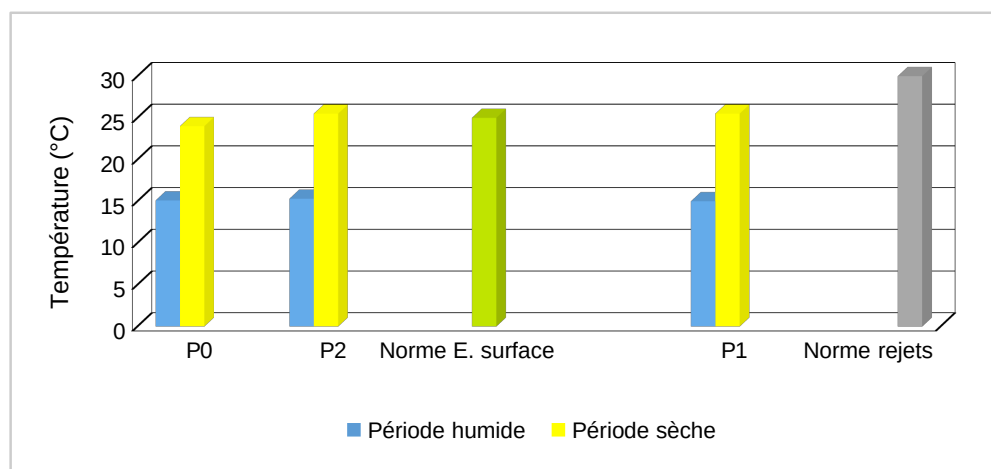


Figure.15 : Résultats des mesures *in situ* de la température

La température des trois points d'eau en période humide était presque identique (15°C), légèrement au-dessus de celle de l'air ambiant qui était à 13,1°C, pour gagner en moyenne 10°C en début de l'été avec une légère supériorité pour le point de rejet (25.5°C). Ces valeurs demeurent dans l'ensemble conformes aux normes algériennes des eaux de surface, ainsi qu'à celles de rejets.

L'augmentation remarquée de la température dans les trois points en période sèche est tout à fait naturelle mais la différence enregistrée en P1 peut s'expliquer par l'exposition directe du lixiviat dans le bassin de récupération aux rayons du soleil.

### III.1.1.2. Potentiel d'Hydrogène pH

Les valeurs du pH relevées *in situ* sont représentées dans le graphe (figure.16).

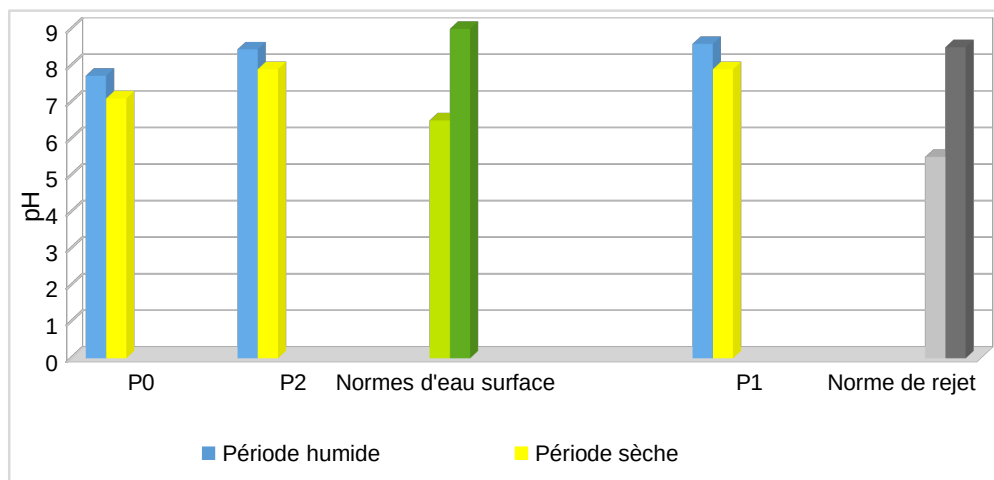


Figure.16 : Résultats d'analyses *in situ* du pH

Les valeurs du pH les plus élevées ont été enregistrées en période humide (P0 :7,72 ; P1 :8,59 ; P2:8,44) contre (P0 :7,1 ; P1 :7,9 ; P2 :7,9) en période sèche. Cette baisse des valeurs du pH peut être due d'après **Liechti (2010)** soit à la température croissante qui diminue la solubilité du CO<sub>2</sub> ou à la décomposition aérobie de matière organique qui libère du CO<sub>2</sub> provoquant ainsi une baisse du pH. Cette acidification reste dans la limite des normes tolérées par la réglementation algérienne.

### III.1.1.3. Conductivité électrique

Les valeurs relevées *in situ* ont été regroupées dans le graphe (figure. 17)

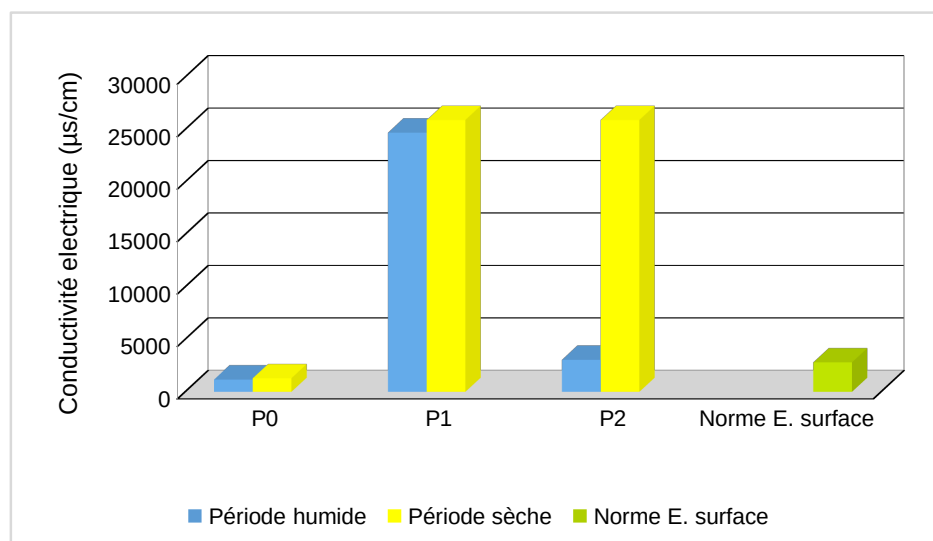


Figure.17 : Résultats d'analyses de la conductivité électrique

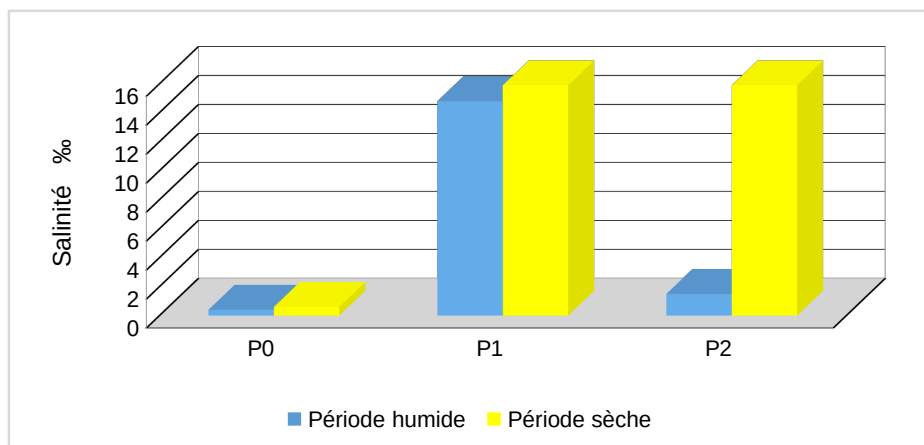
La conductivité électrique de l'eau d'Oued Corso en P0 est inférieure à la norme des eaux de surface. Cependant, au point P1 on enregistre un taux vingt fois plus élevé que la valeur en P0 et dix fois plus élevé que la norme des eaux de surface.

En effet, la conductivité électrique qui est un indicateur de la teneur en sels dissous dépend essentiellement de la nature géochimique des roches rencontrées dans le bassin versant, en particulier des substances provenant de l'altération de ces roches. Elle est d'abord fonction de la dureté de l'eau. Quant aux facteurs d'origine anthropique agissant sur la conductivité électrique, il faut retenir en premier lieu les nutriments tels que les nitrates, les nitrites, l'ammonium et les phosphates, ainsi que les sels issus d'échangeurs d'ions. (Liechti, 2010)

Ceci dit que l'origine des valeurs élevées enregistrées en P1 et P2 est bien la charge ionique du lixiviat ou plus précisément de l'effluent rejeté par le CET Corso dans Oued Corso étant donné que les valeurs enregistrées en P0 étaient proches de la norme ce qui confirme l'origine anthropique de cette élévation.

#### III.1.1.4. Salinité

Les valeurs de la salinité ont été représentées sur le graphe suivant (figure.18)



**Figure.18 : Résultats d'analyses *in situ* de la salinité**

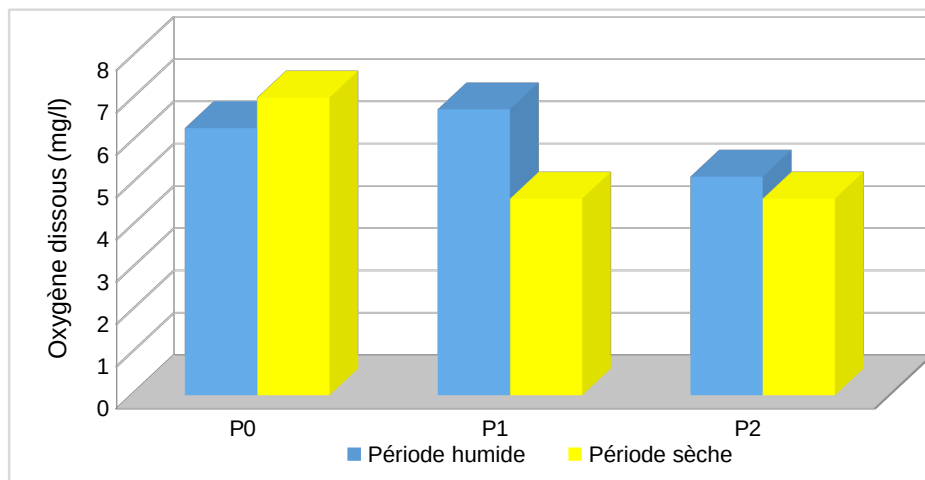
En période humide : les valeurs de la salinité passent de 14,8 ‰ en P1 qui correspond au point de rejet à 1,5 ‰ en P2 (point après rejet), alors qu'en période sèche c'est toute la charge de 15,9 ‰ qui migre directement vers l'oued, en occurrence vers la mer. Soit un rapport de 37 fois plus, qui chute par effet de dilution à uniquement quatre fois plus.

En période sèche : le rapport de 27 fois plus en P1, demeure inchangé en P2, ce qui montre clairement l'influence directe de la charge ionique des rejets du CET Corso sur Oued Corso.

La concentration en sel dissous corrèle parfaitement avec celle de la conductivité, ayant le même principe qui est la présence d'ions, essentiellement, de chlorures dans l'eau. Une charge saline importante en période sèche va migrer directement vers la Méditerranée.

### III.1.1.5. Oxygène dissous

Les teneurs en Oxygène dissous mesurées sont illustrées dans le graphe (figure.19)



**Figure.19 : Résultats d'analyses *in situ* de l'oxygène dissous**

Les valeurs d'oxygène dissous enregistrées en période humide sont presque identiques sur les trois points, avec une légère supériorité au niveau du point de rejet (P1), pour marquer une baisse notable en période sèche, contrairement au point P0 (avant rejet) où cette teneur a augmenté de 0,5 mg/l.

La comparaison de nos résultats aux valeurs du guide des concentrations d'oxygène dissous observées dans les cours d'eau (tableau V) montre clairement que l'ensemble des valeurs enregistrées dans tous les points oscillent entre 4 mg/l et 7mg/l et appartiennent donc à la classe 3 qui indique que l'eau dans cette partie étudiée de l'oued est bonne pour la plupart des organismes des étangs, acceptable pour les espèces de poissons d'eau chaude et faible pour les espèces de poissons d'eau froide.

**Tableau V : Guide des concentrations d'oxygène dissous généralement observées dans les cours d'eau pour les mg/l (Liechti, 2010)**

|             |   |
|-------------|---|
| 0 à 2 mg/l  | taux d'oxygène insuffisant pour la survie de la plupart des organismes  |
| 2 à 4 mg/l  | seules certaines espèces de poissons et d'insectes peuvent survivre   |
| 4 à 7 mg/l  | bon pour la plupart des organismes des étangs, acceptable pour les espèces de poissons d'eau chaude, faible pour les espèces de poissons d'eau froide |
| 7 à 11 mg/l | idéal pour la plupart des poissons d'eau courante froide.   |

Quant aux taux de saturation en oxygène calculés, les résultats sont regroupés dans le **tableau VI**.

**Tableau VI : Taux de saturation en oxygène des trois points de prélèvement**

|                       | P0             |                 | P1             |                 | P2             |                 |
|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|                       | Température °C | % de saturation | Température °C | % de saturation | Température °C | % de saturation |
| <b>Période humide</b> | 15,1           | 63%             | 15,3           | 67%             | 15             | 51%             |
| <b>Période sèche</b>  | 24             | 84%             | 25,5           | 57%             | 25,5           | 57%             |

A la lumière des résultats trouvés et comparés au guide de la qualité de l'eau en fonction de sa saturation en O<sub>2</sub> (Tableau VII), nous constatons que la qualité des eaux avant le rejet du CET dans le l'oued est acceptable pour la plupart des organismes d'eau courante au cours des deux périodes de campagnes avec une nette amélioration en période sèche. Cependant et pour le reste des points la qualité des eaux est faible à l'exception du point de rejet (P1) en période humide dont la cause peut être due à une oxygénation reçue par la force de la chute au rejet.

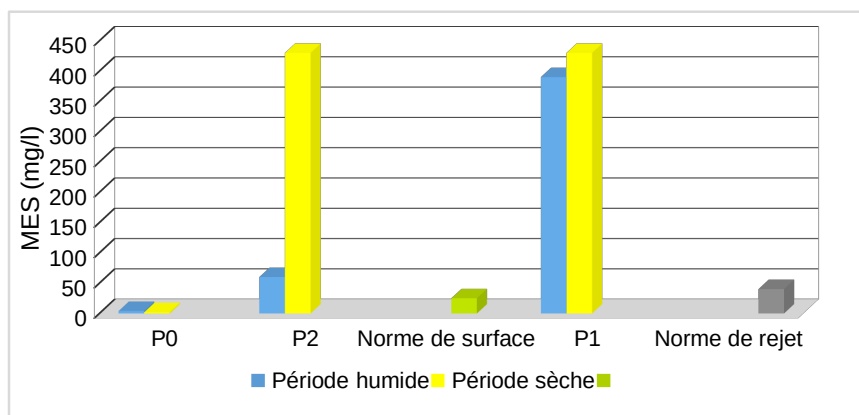
**Tableau VII : Guide de la qualité de l'eau du cours d'eau en fonction de sa saturation en oxygène (Liechti, 2010)**

|               |  |
|---------------|--|
| Moins de 60 % | faible   |
| 60 à 79 %     | acceptable pour la plupart des organismes d'eau courante |
| 80 à 125 % :  | excellent pour la plupart des organismes d'eau courante  |
| 125 % ou plus | trop élevé ; peut être dangereux pour les poissons       |

### III.1.2. Paramètres chimiques

#### III.1.2.1. Dosage des matières en suspension MES

Les résultats de mesure des MES obtenus sont regroupés dans le graphique (**figure.20**)



**Figure.20 : Résultats d'analyses des MES**



Les teneurs observées en P0 (point avant rejet) sont nettement en deçà des normes des eaux de surfaces. Cependant, en période des crues ; de fortes concentrations ont été enregistrées au point de rejet P1 (390mg/l), soit dix fois plus que la norme de rejet. La valeur enregistrée en P2 (60mg/l) est plus que le double de la norme admise en eau de surface, malgré la dilution. Alors qu'en période sèche, la charge en MES exprimée en P1 (430mg/l) ne varie pas trop de sa concentration en période humide (390) mg/l.

La limpidité de l'eau de l'oued en amont apparaît clairement dans les résultats en P0 sur les deux périodes. Même si la valeur de 2 mg/l en période sèche, durant laquelle l'oued a subi une eutrophisation, nous paraît illogique, elle peut, néanmoins, s'expliquer par le manque d'agitation de l'échantillon au moment de la mesure.

Les teneurs élevées en MES dans les eaux, limitent la pénétration de la lumière, diminuent l'oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique, créant ainsi des déséquilibres entre les diverses espèces. Support idéal pour les micro-polluants et vecteur de leurs transferts et de pénétration dans l'organisme (SAVARY, 2010).

En effet, la charge d'un rejet en MES, ou même d'autres polluants, est importante non seulement sur le plan qualitatif mais aussi sur le plan quantitatif, puisque les teneurs exprimées en mg/l doivent être multipliées par la quantité de rejet effectuée. Cependant, notre étude s'intéresse uniquement à la quantité d'effluent rejetée par le CET Corso au milieu récepteur sans prendre en considération la quantité de lixiviat produite.

#### III.1.2.2. Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Les valeurs obtenues de DCO ont été représentées sur le graphe suivant (figure. 21)

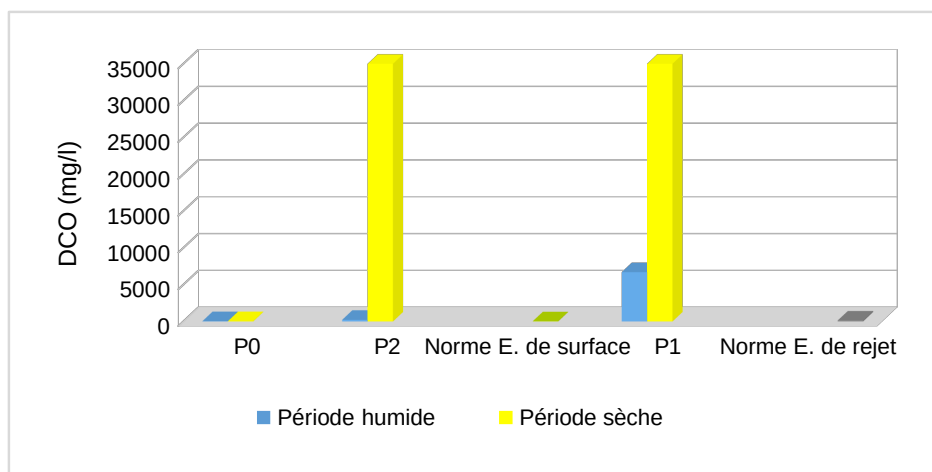


Figure.21 : Valeurs de la DCO des trois points de prélèvement.

En général le lixiviat est connu par sa richesse en matière organique. Les valeurs de la DCO enregistrées au point de rejet P1 ne font que traduire cette réalité. Malgré les apports d'eau pluviale en période humide, une valeur de 6700 mg/l est observée en ce point. Cette valeur est 51,5 fois plus élevée que la norme de rejet, alors qu'en période sèche elle dépasse les 35000 mg d'oxygène par litre, soit 269 fois plus.

L'analyse de l'eau d'Oued Corso a aussi affiché une valeur supérieure à celle des normes d'eaux de surfaces : respectivement 40 mg/l contre 30 mg/l. Ce qui est négligeable devant une DCO de 220mg/l du point P2 (après rejet) en période humide, ou pis encore en période sèche, avec le rejet direct, et sans dilution dans le milieu récepteur, à savoir 35000 mg/l soit 1167 fois plus que la norme d'eau de surface.

### III.1.2.3. Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours DBO<sub>5</sub>

Les valeurs obtenues de DBO<sub>5</sub> ont été représentées par le graphe suivant (figure. 22)

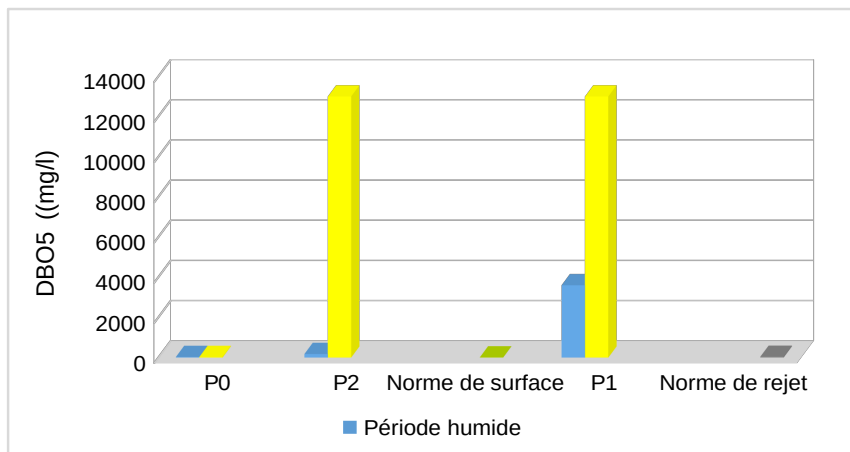


Figure.22 : Valeurs de la DBO<sub>5</sub> des trois points de prélèvement.

La norme de rejet en Algérie en termes de DBO<sub>5</sub> est de l'ordre de 35 mg d'O<sub>2</sub>/l, avec une tolérance supplémentaire de 5mg/l pour les anciennes installations. Quant à celle des eaux de surface, elle est de 7 mg d'O<sub>2</sub>/l.

La DBO<sub>5</sub> en P0 (point avant rejet) est la même pour les périodes humide et sèche, soit 27 mg/l. Comparée à la norme des eaux de surfaces, elle est 4 fois plus élevée. La dilution apportée par l'eau de l'oued à l'effluent du rejet en période humide, a fait en sorte de rabaisser sa concentration en P1 de 3600 mg/l à 180 mg/l en P2. Malheureusement, en période sèche, c'est toute la concentration en charge organique qui passe directement du rejet à l'Oued, soit 13000 mg/l. Une valeur estimée à plus de 325 fois plus que la norme de rejet et 1857 fois plus que la norme d'eaux de surfaces.

En effet, la demande biochimique en oxygène indique la consommation d'oxygène par des processus de dégradation biologiques au cours d'une période déterminée. Les substances

consommant de l’oxygène sont notamment: carbone organique, ammoniac, nitrites, acide sulfhydrique et d’autres composés réduits en majeure partie des substances facilement dégradables. (Liechti, 2010)

Les valeurs élevées de la DBO<sub>5</sub> en P1 confirment réellement la charge en matière organique biodégradable et corrélient de manière directe avec ceux de la DCO.

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub>, appelé aussi indice de biodégradabilité, va nous permettre d’évaluer la qualité du rejet du CET Corso par rapport à la quantité de matière organique renfermée et son aptitude à la biodégradation. Les résultats obtenus en P1, en période humide est de (DCO/DBO<sub>5</sub>) 1,86 alors qu'en période sèche, il est de 2,69. Les deux résultats sont inférieurs à 3, ce qui qualifie cet effluent d’après RODIER (2009) de facilement biodégradable.

Toutes les études qui nous ont servies de référence et qui ont traité du sujet de lixiviat ont abouti à des résultats en dosage de DCO et de DBO<sub>5</sub> aussi importantes et différentes les unes des autres en fonction de l’âge du lixiviat traité.

Si les paramètres du rejet en P1 sont comparés aux différents travaux sur le lixiviat, c'est du fait que cet effluent est constitué majoritairement de lixiviat non traité. RENOU (2007) a élaboré un tableau récapitulatif des différents paramètres caractérisant les lixiviats en fonction de l’âge (Tableau en annexe II)

La comparaison des valeurs obtenues en P1 entre les deux périodes, humide et sèche pour la DCO et la DBO<sub>5</sub> respectivement : [6700 – 35000. mg/l] ; [3600 – 13000. mg/l] avec celles établies par RENNOU (2007), classe le rejet du CET Corso dans la gamme des valeurs les plus élevées en DCO aux côtés de la Turquie et de la Corée du sud, en le qualifiant de lixiviat jeune.

**III.1.2.4. Dosage L'azote Kjeldahl**

Les résultats de mesure de l’azote Kjeldahl obtenus sont regroupés dans le graphique (figure.23)

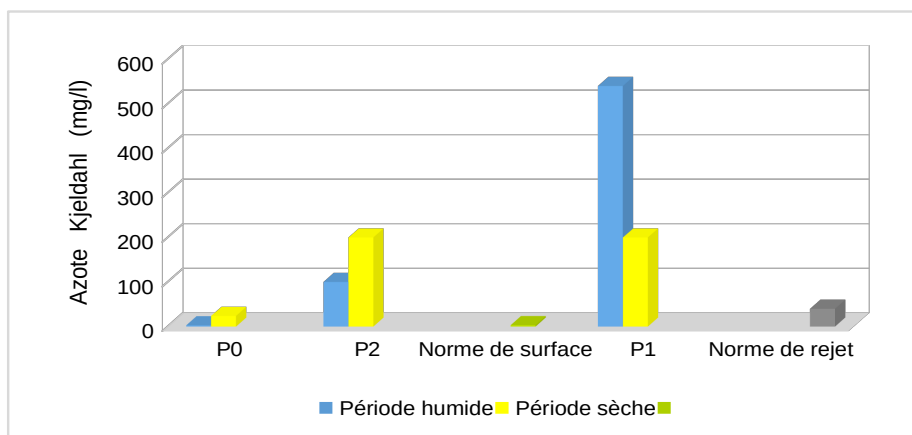


Figure.23 : Teneurs en l'azote Kjeldahl dans les échantillons analysés

En période humide, la concentration de l'azote kjeldahl, enregistrée au point de rejet P1, démontre bien que cet effluent est très chargé en matière azotée. Avec un taux de 540 mg/l, il est 13,5 fois plus élevé que la norme maximale de rejet. Néanmoins, du fait de sa faible concentration au point P0 (2.8 mg/l) l'eau de l'Oued a contribué considérablement à la dilution de la forte charge observée en P1 au niveau du point P2 et atteindre les 100 mg/l.

En période sèche, le déficit hydrique qu'a subit l'oued et sa rétention au point P0 ont fait augmenter la concentration de l'azote Kjeldahl pour passer de 2,8 à 24 mg/l, alors que la concentration au P1 a diminué de plus de la moitié, ce qui peut s'expliquer par l'augmentation de l'activité bactérienne sous l'effet des températures élevées. Il en est de même pour le point P2.

#### III.1.2.5. Dosage de l'Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

Les résultats de mesure de  $\text{NH}_4^+$  obtenus sont représentés dans le graphique (figure.24)

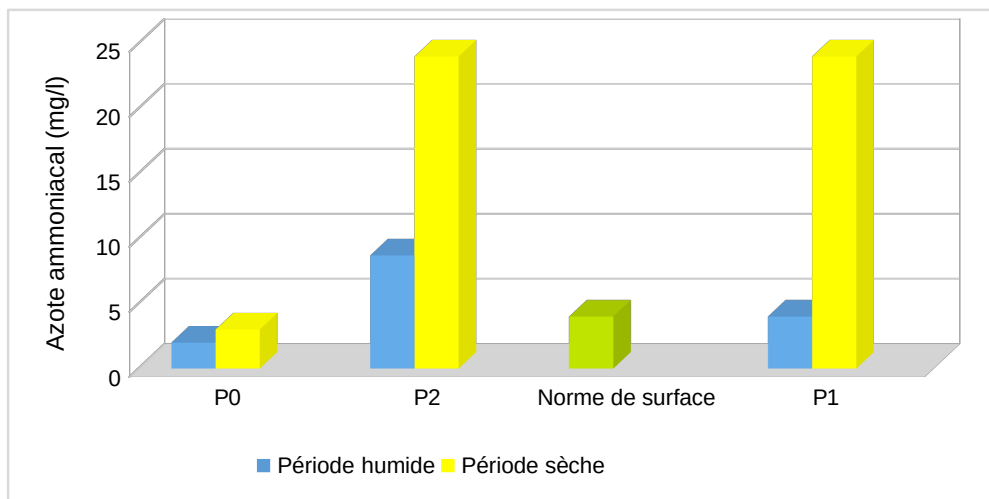


Figure.24 : Représentation des résultats d'analyses de l'azote ammoniacal

Pour l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) au niveau du point P0, sur les deux périodes, nous avons constaté une légère concentration, avec des valeurs de 2mg/l en période humide et de 3 mg/l en période sèche, qui est tout de même tolérée par les normes des eaux de surfaces, et sa présence dans un milieu naturel n'exclue pas une éventuelle contamination par les eaux résiduaires.

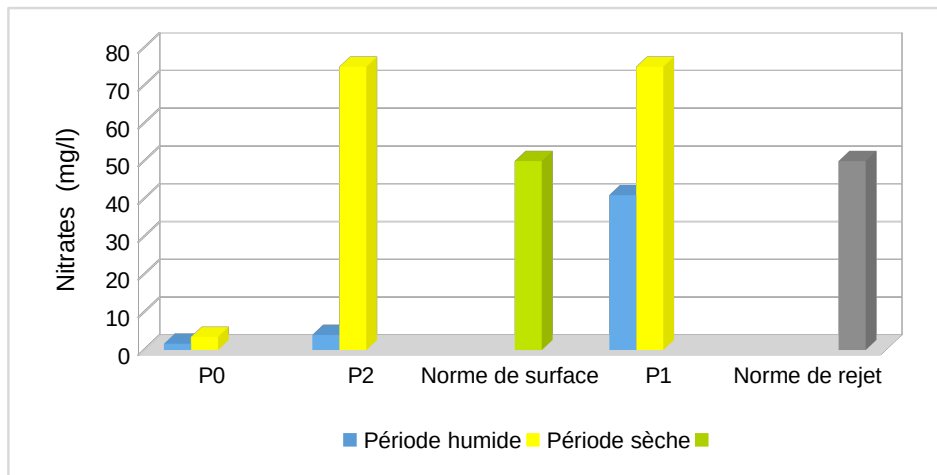
Au point P1, en période humide, une valeur de 4 mg/l d'azote ammoniacal a été enregistrée contre 24mg/l en période sèche. Cependant une valeur de  $\text{NH}_4^+$  de 8,7mg/l a été enregistrée en P2 en période humide contre 24 mg/l en période sèche. Ces valeurs observées en P1 et P2, notamment en période sèche, sont nettement supérieures aux valeurs admises par les normes d'eau de surface qui est de 4 mg/l.

La présence d'ammoniaque en quantité importante est l'indice d'une contamination par des rejets d'origine humaine et animale. Ce paramètre est souvent utilisé comme traceur des eaux usées

domestiques, et les fortes teneurs enregistrées en P1 et P2, surtout en période sèche, ne peuvent s'expliquer que par les rejets d'eaux résiduaires du CET Corso.

### III.1.2.6. Les nitrates $\text{NO}_3^-$

Les résultats enregistrés de la mesure des nitrates sont représentés dans le graphique (figure.25)



**Figure.25 : Concentrations en nitrates au niveau des trois points de prélèvement**

Avec 1,7 mg/l en période humide et 3,5 mg/l en période sèche ; la concentration des nitrates au point P0 est très basse par rapport aux normes d'eaux de surface puisqu'elle est 29 fois et 14 fois moindre sur les deux périodes respectives.

Quant à P1, la concentration des nitrates en période humide est très élevée : 41mg/l comparativement à celle de l'oued en P0, bien qu'elle soit dans les normes de rejet 50mg/l. Néanmoins, l'importance du débit d'eau d'Oued Corso en cette période se fait remarquer nettement par la dilution de cette concentration en P2, pour passer de 24 fois plus grande à seulement 2,3 fois. C'est en période sèche, que le manque du phénomène de dilution se fait ressentir. Non seulement la valeur des nitrates en P1 a augmenté, mais aussi c'est toute cette concentration (75mg/l), soit 21,4 fois plus qu'en P0, qui va migrer entièrement vers le milieu récepteur.

L'azote est un nutriment indispensable pour les organismes aquatiques, et les végétaux l'absorbent plus particulièrement sous forme de nitrates. Des teneurs en nitrates inférieures à 10 mg/l ne produisent pas d'effets manifestement nuisibles sur les biocénoses des eaux superficielles. Mais si un manque d'oxygène fait des nitrates des accepteurs d'électrons (oxydants), il peut en résulter des composés azotés eux-mêmes toxiques – nitrites et ammonium. Si les teneurs en nitrates dépassent 1,5 mg/l N, il y a probablement eu inondation et lessivage de terres agricoles, ou le déversement d'eaux usées. (Liechti, 2010)

III.1.2.7. Nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup>

Pour ce paramètre, seul P0 a pu être évalué sur les deux périodes (Figure.26).

Du point de vu réglementation, uniquement les normes de rejet font référence aux nitrites et qui est de 0,1mg/l. La comparaison des concentrations enregistrées montre que la diminution de celle-ci, en période sèche, peut se justifier par l'abondante activité bactérienne, qui contribue à transformer le nitrite en nitrate ou en azote N<sub>2</sub> par l'action de nitrification.

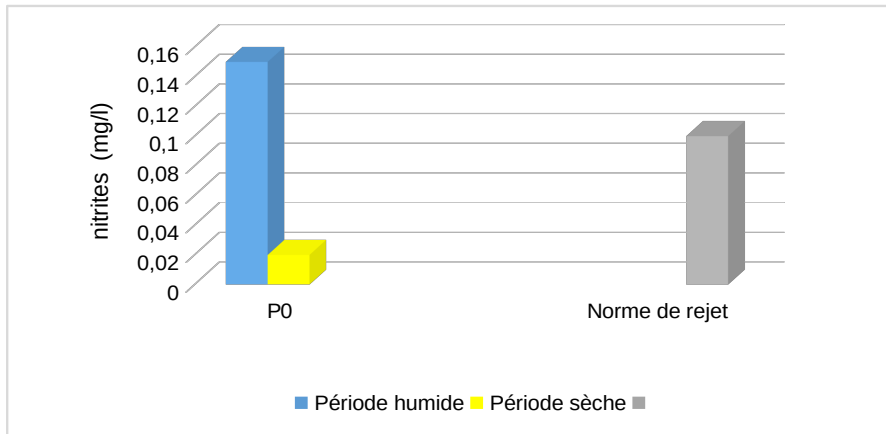


Figure.26 : Valeurs des nitrites au niveau du point avant rejet (P0)

La variation de charge en azote minéral enregistrée sur les deux périodes en P1, reflète bien la dimension de l'activité bactérienne qui existe dans ces rejets. Le suivi et la surveillance du cycle d'azote permettra d'évaluer la qualité de la biomasse bactérienne responsable de la biodégradation de la matière organique que produit le CET.

III.1.2.8. Phosphore total

Les résultats du dosage du phosphore total sont représentés par le graphique (figure.27)

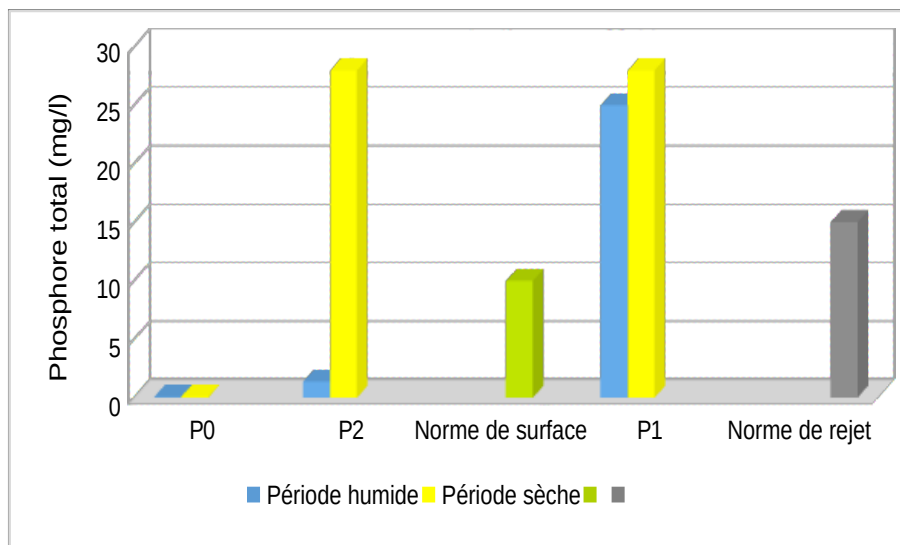
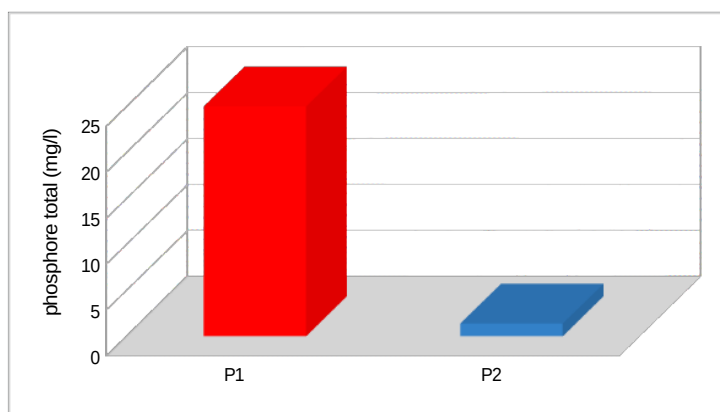


Figure.27: Valeurs du dosage du Phosphore total

Les concentrations enregistrées en période humide, sur les différents points, montrent qu'au P0, le phosphore total était à la limite détectable de la méthode d'analyse, soit 0,05 mg/l ; alors qu'au point P1 sa teneur est de 25 mg/l.

La dilution de cette teneur au point P2 est très remarquable puisqu'elle passe de 25 mg/l à 1,36 mg/l soit 18 fois en moins (**figure.28**).



**Figure.28 : Représentation du phénomène de dilution du Phosphore total de P1 à P2 en période humide**

En période sèche, une légère augmentation du phosphore total a été enregistrée en P0, mais reste toutefois inférieure aux normes algériennes et même celles de l'OMS, qui sont de 2mg/l. Une fois de plus, l'importante concentration enregistrée au point P1 (28mg/l) passe directement à Oued Corso, puis à la mer.

Le phosphore est un nutriment vital pour les organismes aquatiques. Comme les eaux n'en reçoivent que de faibles quantités dans un environnement naturel, ce sont les apports d'origine anthropique qui conditionnent la croissance des plantes aquatiques. Il parvient dans les milieux récepteurs aquifères de manière diffuse par lessivage de terres agricoles et, ponctuellement, par les rejets d'eaux usées. (**Liechti, 2010**)

### **III.2. Classement de l'état chimique des eaux de la partie étudiée d'Oued Corso**






Par analogie avec la directive-cadre de l'Union Européenne sur l'eau, le système modulaire gradué adopte une répartition en cinq catégories ou classes d'état pour l'appréciation des cours d'eau, à savoir : très bon / bon / moyen / médiocre / mauvais. (**Liechti, 2010**)

En fonction des paramètres dont nous disposons les valeurs, nous avons procédé au classement chimique des eaux de l'oued à travers les classes de la directive-cadre de l'Union Européenne sur l'eau (**Liechti, 2010**).

La comparaison simultanée de nos valeurs obtenues de l'ammonium mesurées à température supérieure à 10°C et de nitrates (**tableau VIII**) avec celle proposées par la directive-cadre de l'Union Européenne sur l'eau (**tableau IX**) nous permet de déduire que l'état chimique de l'eau de l'ensemble de nos prélèvements quelque soit la période de prélèvement selon ces critères est mauvais.

**Tableau VIII : Valeurs de l'ammonium et des nitrates des points de prélèvements**

|           | Période        | pH   | Température (°C) | Ammonium | Nitrates |
|-----------|----------------|------|------------------|----------|----------|
| <b>P0</b> | Période humide | 7,12 | 15,1             | 2        | 1,7      |
|           | Période sèche  | 7,1  | 24               | 3        | 3,5      |
| <b>P1</b> | Période humide | 8,59 | 15               | 4        | 41       |
|           | Période sèche  | 7,9  | 25,5             | 24       | 75       |
| <b>P2</b> | Période humide | 8,44 | 15,3             | 8,7      | 4        |
|           | Période sèche  | 7,9  | 25,5             | 24       | 75       |

| Appréciation   | Ammonium <sup>8</sup><br>[mg/L N] (>10°C ou pH >9) | Ammonium<br>[mg/L N] (<10°C) | Nitrates <sup>9</sup><br>[mg/L N] |
|--|--|------------------------------|-----------------------------------|
|  très bon | jusqu'à <0,04                                      | jusqu'à <0,08                | jusqu'à <1,5                      |
|  bon      | 0,04 à <0,2  | 0,08 à <0,4                  | 1,5 à <5,6                        |
|  moyen    | 0,2 à <0,3   | 0,4 à <0,6                   | 5,6 à <8,4                        |
|  médiocre | 0,3 à <0,4   | 0,6 à <0,8                   | 8,4 à <11,2                       |
|  mauvais  | 0,4 et plus  | 0,8 et plus                  | 11,2 et plus                      |

**Tableau IX: classement de l'état chimique des eaux en fonction de l'ammonium et les nitrates (Liechti, 2010)**






Quant à la comparaison simultanée nos valeurs obtenues pour l'azote total, la DBO<sub>5</sub> et la DCO (**tableau X**) avec celle proposées par la directive-cadre de l'Union Européenne sur l'eau (**tableau XI**) nous permet de déduire que l'état chimique est **mauvais** pour l'ensemble des échantillons analysés.

**Tableau X: Valeurs de l'azote total, la DBO<sub>5</sub> des points de prélèvements**

|           |                | Azote total | DBO <sub>5</sub> |
|-----------|----------------|-------------|------------------|
| <b>P0</b> | Période humide | N > 4.5     | 27               |
|           | Période sèche  | N > 27,5    | 27               |
| <b>P1</b> | Période humide | N > 581     | 3600             |
|           | Période sèche  | N > 275     | 13000            |
| <b>P2</b> | Période humide | N > 104     | 180              |
|           | Période sèche  | N > 275     | 13000            |



**Tableau XI : classement de l'état chimique des eaux en fonction de l'azote total, la DBO<sub>5</sub> (Liechti, 2010)**

| Appréciation   | N total<br>[mg/L N] | DBO <sub>5</sub> <sup>10</sup><br>[mg/L O <sub>2</sub> ] | COD <sup>11</sup><br>[mg/L C] | COT<br>[mg/L C] |
|--|---------------------|--|-------------------------------|-----------------|
|  très bon | jusqu'à <2,0        | jusqu'à <2,0   | jusqu'à <2,0                  | jusqu'à <2,5    |
|  bon      | 2,0 à <7,0          | 2,0 à <4,0   | 2,0 à <4,0                    | 2,5 à <5,0      |
|  moyen    | 7,0 à <10,5         | 4,0 à <6,0   | 4,0 à <6,0                    | 5,0 à <7,5      |
|  médiocre | 10,5 à <14,0        | 6,0 à <8,0   | 6,0 à <8,0                    | 7,5 à <10,0     |
|  mauvais  | 14,0 et plus        | 8,0 et plus  | 8,0 et plus                   | 10,0 et plus    |

### III.3. Les métaux lourds

Les concentrations de métaux lourds ne subissent guère d'effets saisonniers et dépendent des quantités d'eaux usées d'origine industrielle. Ces concentrations sont très nettement influencées par le débit du cours d'eau notamment en cas de fortes pluies en raison de l'affinité des métaux lourds pour les particules solides.

La répartition spatiale des charges polluantes est obtenue grâce à l'analyse de la teneur en métaux lourds dans les sédiments. Cette étude a un caractère intégratif et donne des résultats représentatifs pour de longues périodes.

Toutefois, cette partie d'analyses a été réalisée en période humide sur la fraction hydrique des trois points P0, P1, P2 et les sédiments de P0s et P2s.

#### III.3.1. Teneurs en métaux lourds dans la fraction hydrique

Les teneurs enregistrées sur les trois points de la fraction hydrique ont été représentées sur le graphique (**figure.29**).

Il est à noter que :

\* la réglementation algérienne n'a pas mentionné les valeurs limites de concentration pour l'Aluminium et le Nickel en eau de surface, nos résultats seront comparés par conséquent aux normes de rejet.

\* le manque de précision dans la méthode de dosage SAA concernant le plomb Pb et le chrome Cr rend difficile voire impossible l'interprétation des résultats obtenus pour ces deux métaux, car les normes en vigueur sont nettement inférieures aux limites inférieures de dosages.

Les points avant et après rejet P0 et P2 seront comparés avec les normes d'eau de surface (**figure.30**). Tandis que le point de rejet P1 sera comparé avec les normes de rejet (**figure.31**).

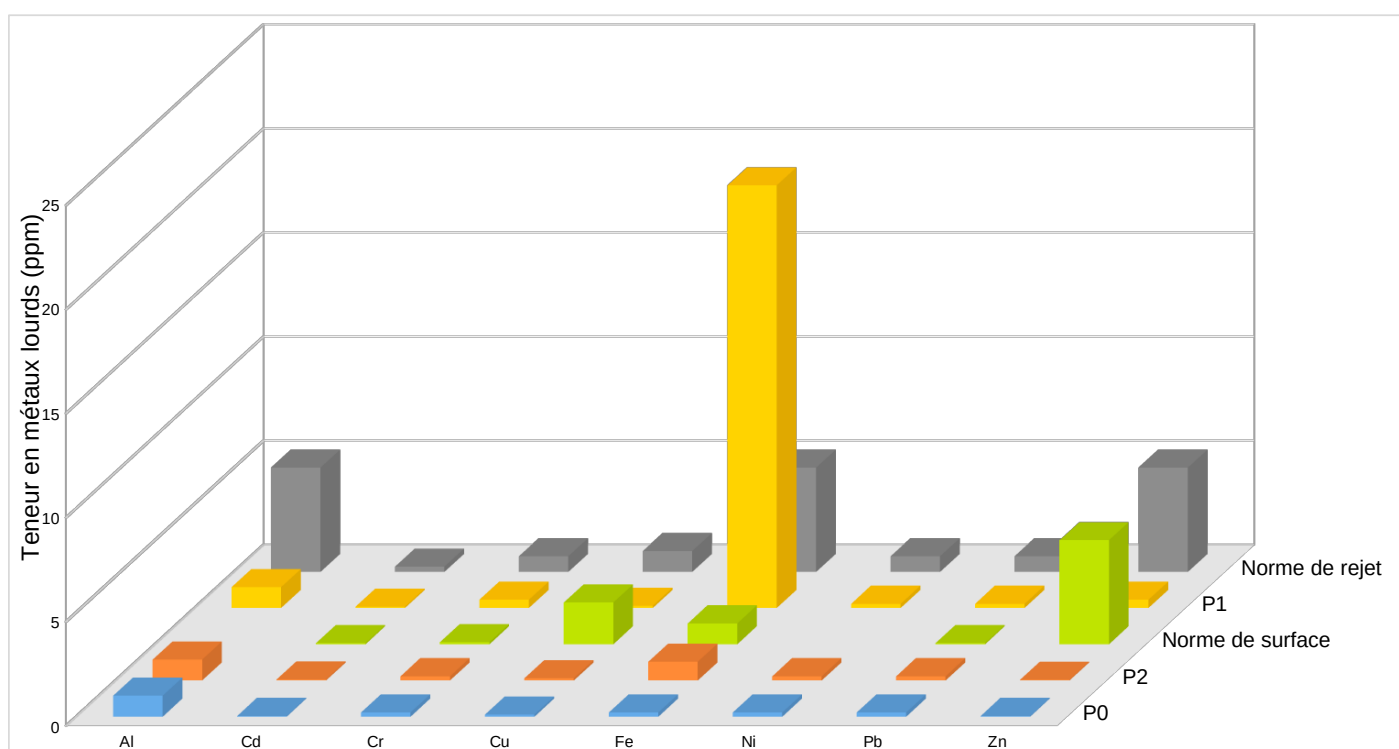


Figure. 29 : Teneurs en métaux lourds des trois prélèvements des eaux de l'Oued Corso

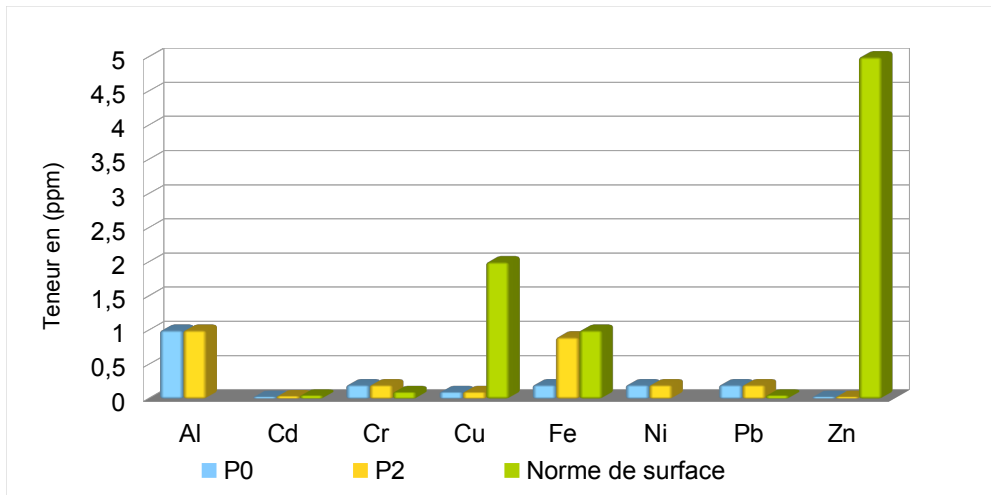


Figure.30 : Teneurs en métaux lourds dans les points de prélèvement P0 et P2 en comparaison avec les normes des eaux de surface (JORADP, 2011).

Au niveau de P0 tous les métaux analysés ont des concentrations correspondant à des valeurs minimales de dosage. Les concentrations de l’Al, Cd, Cu, Fe, Ni, Zn sont dans les normes des eaux de surfaces (JORADP, 2011). Cependant nous ne disposons pas de valeurs réglementaires concernant l’Aluminium et le Nickel.

Au niveau de P2 : tout comme en P0 les concentrations de l’Al, Cd, Cu, Fe, Ni, Zn sont dans les normes des eaux de surfaces (JORADP, 2011). Une légère augmentation est notée pour le Cadmium, passant de <0,03 à 0,04 (ppm) demeurant néanmoins toujours inférieures aux valeurs limites supérieures des normes des eaux de surface et le Fer passant de la concentration <0.2 (ppm) à 0.9 (ppm) atteignant presque cette limite qui est de 1mg/l.

Au niveau de P1 : concernant l’Al, Cd, Cu, Ni, Zn, les concentrations sont restées dans les normes fixées, le Fe a marqué une franche augmentation dépassant de quatre fois la limite supérieure des normes tolérées par la réglementation.

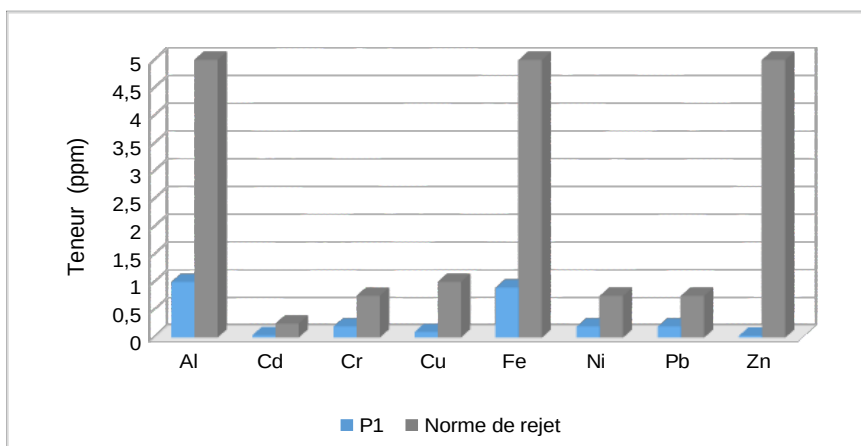


Figure.31 : Teneurs en métaux lourds pour le point de prélèvement P1 en comparaison avec les normes de rejet (JORADP, 2013).

### III.3.2. Teneurs en métaux lourds au niveau des sédiments

L'ensemble des valeurs de teneurs en métaux lourds sont regroupées dans le **tableau XII**. En effet, Nous remarquons des teneurs extrêmement élevées en fer suivies de celles de l'aluminium contrairement aux autres métaux. En réalité, il n'existe pas de normes pour l'ensemble de ces éléments dosés. Cependant plusieurs auteurs ont proposé des facteurs servant à estimer le niveau de contamination.

**Tableau XII : Teneurs en métaux lourds au niveau des sédiments**

|                  |                 | Echantillonnage |        |
|------------------|-----------------|-----------------|--------|
|                  |                 | P0s             | P2s    |
| Métaux<br>lourds | Aluminium (ppm) | 82,54           | 76,65  |
|                  | Cadmium (ppm)   | < 0,03          | < 0,03 |
|                  | Chrome (ppm)    | 0,4             | 0,7    |
|                  | Cuivre (ppm)    | 0,3             | 3      |
|                  | Fer (ppm)       | 365             | 371    |
|                  | Nickel (ppm)    | 0,7             | 0,4    |
|                  | Plomb (ppm)     | 0,3             | 0,3    |
|                  | Zinc (ppm)      | 1,38            | 1,54   |

Les teneurs en métaux lourds enregistrées dans les points de prélèvements P0s et P2s nous permettent de calculer le facteur de contamination (CF) utilisé pour exprimer le niveau de contamination par chaque métal dans les sédiments. Elle est exprimée en tant que :

$$FC = \text{Teneur en métal dans le sédiment} / \text{Background du métal}$$

Le Background du métal indique la concentration de métal (d'intérêt) dans les sédiments où il n'y avait pas d'apport d'origine anthropique. Faute de non disponibilité du fond géochimique local de la région, nous utiliserons les données de la croûte terrestre (**tableau XIII**).

**Tableau XIII: Teneurs de quelques métaux lourds dans la croûte terrestre (ppm) (BOWEN, 1966. in HAKANSON, 1980)**

| Métal   | Cd  | Cu    | Ni  | Pb   | Zn   |
|---|-----|-------|-----|------|------|
| Abondance (teneur) dans la croûte terrestre (ppm) | 0,2 | 52,33 | 252 | 17,8 | 71,5 |

Le facteur de contamination a été déterminé pour l'ensemble de nos échantillons (**tableau XIV**).

**Tableau. XIV : Valeurs du facteur de contamination pour les sédiments**

| Elément dosé |       |          | P0s  | FC0   | P2s  | FC2   |
|--------------|-------|----------|------|-------|------|-------|
| Cadmium      | (ppm) | sédiment | 0,03 | 0.15  | 0,03 | 0.15  |
| Cuivre       | (ppm) | sédiment | 0,3  | 0.005 | 3    | 0.057 |
| Nickel       | (ppm) | sédiment | 0,7  | 0.002 | 0,4  | 0.001 |
| Plomb        | (ppm) | sédiment | 0,3  | 0.016 | 0,3  | 0.016 |
| Zinc         | (ppm) | sédiment | 1,38 | 0.019 | 1,54 | 0.022 |

Les valeurs des FC ont été interprétées comme suggéré par Hakanson où :  $CF < 1$  indique une faible contamination ;  $1 < FC < 3$  indique une contamination modérée ;  $3 < FC < 6$  indique une contamination importante ;  $CF > 6$  est très forte contamination.

Il en ressort que toutes les valeurs obtenues sont inférieures à 01, par conséquent nous pouvons déduire que la contamination des sédiments par les métaux lourds est **faible** pour les éléments considérés à savoir : le cadmium, le cuivre, le nickel, le plomb et le zinc.

Considérés comme polluants très nocifs, la concentration des métaux lourds ne sont tolérées dans le milieu aquifère qu'à l'état de trace. Souvent adsorbé à la matière en suspension, leur devenir est très variable, car ils peuvent être solubilisés en ions métalliques, être complexés par la matière organique non dégradable ou même s'associer aux acides gras volatils.

L'origine des métaux lourds est multiple : ils proviennent des produits consommés, au sens large, par la population ; de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement ; des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire ; des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels (CAUCHI et al, 1996 in AMIRI, 2012).

La présence du Fer, élément très fréquent dans la nature, en quantité importante au niveau du point de rejet P1, est le témoignage de la lixiviation des déchets et le lessivage des couches de terre de couverture du casier d'enfouissement. En effet, présent sous plusieurs formes, le Fer peut se retrouver dans le casier d'enfouissement avec les déchets de nourriture, comme les viandes, les légumes et légumineuses ou encore les médicaments. D'autres sources peuvent exister aussi, essentiellement les oxydations des ferrailles ou d'alliages contenant du fer. Cette situation est problématique dans le sens où la concentration du fer dans l'eau de rejet dépasse de quatre fois la limite supérieure autorisée, ce qui incrimine franchement le CET de rejeter une trop grande quantité de fer dans son eau de rejet. Cette dernière n'est pas encore considérée comme polluante pour l'Oued selon les normes en vigueur mais ça nous suffit largement pour tirer la sonnette d'alarme sur un danger éminent d'augmentation rapide des taux du fer à la surface de l'eau de l'oued comme dans son sédiment, d'où tout l'intérêt de son suivi régulier.

### III.4. Résultats des analyses bactériologiques

Les résultats de l'analyse bactériologique sont représentés dans le tableau XV pour la période humide et la période sèche. A noter que :

- ◆ l'expression  $N \cdot 10^x$  met en évidence le facteur de dilution X ;
- ◆ les valeurs exprimées par la méthode NPP sont à intervalle de confiance de 95%. Néanmoins la différence entre les limites inférieure et supérieure de l'intervalle reste très importante ;
- ◆ la mention « très chargé » exprime une valeur supérieur à 1100 germes/100ml cernée dans un intervalle de [150 – 4800] germe/100ml dans la table du NPP.

**Tableau XV : Résultats des analyses bactériologiques en période humide et sèche (JORADP, 2013)**

| Analyses                            | Période humide |                 |             | Période sèche |                    | Norme JORADP 2013    |
|-------------------------------------|----------------|-----------------|-------------|---------------|--------------------|----------------------|
|                                     | P0             | P1              | P2          | P0            | P1                 |                      |
| Coliformes totaux (germes/100ml)    | 1100           | Très chargé     | Très chargé | 460           | $>1100 \cdot 10^3$ | <b>2000</b>          |
| Coliformes fécaux (germes/100ml)    | 460            | $240 \cdot 10$  | 240         | 240           | $>1100 \cdot 10^3$ |                      |
| <i>E. coli</i> (germes/100ml)       | 93             | 240             | 460         | 23            | $21 \cdot 10^3$    |                      |
| Streptocoques fécaux (germes/100ml) | 240            | $1100 \cdot 10$ | Très chargé | 23            | $460 \cdot 10^3$   | <b>1000</b>          |
| Vibrio                              | Négatif        | Négatif         | Négatif     | Négatif       | Négatif            | <b>Absence /5000</b> |
| Salmonelles                         | Négatif        | Négatif         | Négatif     | Négatif       | Négatif            | <b>Absence/ 5000</b> |

La lecture des résultats de l'analyse bactériologique des échantillons prélevés a permis de ressortir les constatations suivantes :

-La teneur en coliformes totaux est supérieure en P1 et P2 qu'en P0 en période humide comme en période sèche ;

- La teneur en coliformes fécaux en P0 et P2 de la période humide, en P0 de la période sèche est restée dans l'intervalle tolérée par les normes. Elle a à peine dépassé la limite tolérée en P1 de la période humide, et est supérieure au moins 550 fois à la norme en P1 au cours de la saison sèche ;
- De la même manière il a été dénombré une charge bactérienne élevée d'*E coli* au niveau de P1 de la période sèche si elle est comparée à celle en P0 de la même période ou même à celle en P0, P1 et P2 de la période humide ;
- La concentration des streptocoques fécaux est conforme aux normes en P0 en période humide comme en période sèche. Mais au niveau de P1, elle est supérieure 11 fois à la norme en période humide et 460 fois en période sèche ;
- Absence des germes pathogènes vibrio et salmonelles au niveau des trois points de prélèvement P0, P1, P2, en période humide comme en période sèche.

La richesse de lixiviat en matières organiques et en nutriments adéquat pour la biomasse bactérienne fait que cette dernière se développe de manière très importante. Cette proportionnalité est exprimée par l'équation de RODIER et *al* (2009) comme suit :

**Matière organique + oxygène + microorganismes + éléments nutritifs → sous-produits de biodégradation (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>...) + biomasse bactérienne.**

Le lixiviat constitue un réservoir essentiel de la flore microbienne, notamment les agents pathogènes responsables des épidémies, telles que l'hépatite, le choléra, la typhoïde (**EMILIE, 2002**).

Plusieurs maladies hydriques sont causées par la consommation des eaux contaminées par les lixiviats qui contiennent des microorganismes pathogènes. Durant la dernière décennie, les problèmes relatifs à l'eau sont devenus de plus en plus vastes, avec l'émergence de nouvelles maladies infectieuses et la réémergence d'autres qui sont déjà connues, (salmonelle, choléra, shigellose) (**KEHILA et al, 2007**).

De ce fait, l'importance de l'analyse bactériologique qualitative et quantitative du Oued Corso, en amont et en aval du point de rejet du CET, paraît évidente dans la mesure où elle permet d'évaluer l'efficacité du traitement que subit le lixiviat dans cette station.

L'analyse bactériologique en P0 permet en premier lieu l'évaluation de la qualité de l'eau de l'Oued Corso, surtout que celui-ci, en amont des rejets du CET, fait l'objet de transgressions multiples, que ce soit par la pollution hydrique des eaux résiduaires des villages limitrophes, ou par les déchets solides rejetés par la population comme les débris de volailles (existence de fermes avicoles voisines à l'oued), ou par les déchets inertes issus de travaux de réfection. Cette analyse permet aussi de situer l'origine des contaminations bactériennes de l'Oued, c'est à dire avant ou après les rejets d'effluent du CET de Corso. Dans ces conditions, les résultats obtenus en P0 constitueront

un témoin à comparer avec ceux obtenus par l'analyse bactériologique de P1 et P2, cette comparaison permettrait de situer la part de responsabilité des rejets du CET Corso dans la pollution bactériologique du Oued Corso.

Les bactéries témoins de contamination fécale dans le lixiviat, les coliformes totaux, fécaux et les streptocoques fécaux, sont très abondants et viennent en tête des germes dénombrés (**EZZOUBI, 2010**).

La présence de coliformes totaux peut indiquer la présence de coliformes fécaux, indicateurs classiques de pollution fécale. Seuls les coliformes non fécaux sont capables de se multiplier dans les conditions environnementales (**BELLE, 2008**).

En milieu tempéré, *Escherichia coli* n'est pas saprophyte, sa présence témoigne donc d'une contamination fécale. Elle a cependant une durée de survie pouvant excéder 100 j. (**BELLE, 2008**). Lorsque on dénombre une population bactérienne dans un milieu, on a une image de sa population à l'instant t, qui ne nous renseigne absolument pas sur ses fluctuations à travers le temps. (**BELLE, 2008**)

Dans la littérature scientifique traitant de la qualité bactériologique du lixiviat, tous les auteurs s'accordent sur la richesse bactérienne de ce dernier notamment celles d'origine fécale, sans pour autant préciser l'origine de la contamination. Si on considère que le lixiviat est un output d'un CET, la connaissance de ses inputs nous apportera la réponse attendue. En effet les couches bébés chargées de fèces, les couches adultes des grands malades, les excréments d'animaux domestiques et biens d'autres sources, autant polluantes les unes que les autres, font que le lixiviat soit chargé en bactéries fécales ou même pathogènes.

L'observation des résultats obtenus lors de notre analyse bactériologique démontre que la contamination de l'oued de Corso en amont du rejet CET par les germes fécaux dont les indicateurs sont les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux, reste minime car les valeurs trouvées sont comprises dans l'intervalle fixé par le **JORADP (2013)** durant les deux périodes humide et sèche.

Par contre ces mêmes normes sont largement dépassées en amont du point de rejet notamment en période sèche qui peut, entre autre, être expliqué par l'augmentation de la température qui provoque d'un côté l'évaporation des eaux d'où l'augmentation des concentrations et l'accélération de la multiplication bactérienne, ou bien par le rejet des eaux usées du CET mélangées aux lixiviats du casier de déchet.

Ces résultats situent sans équivoque la responsabilité des rejets du CET dans la pollution bactériologique par les germes fécaux du Oued de Corso et remet en cause la qualité de traitement de son lixiviat. Et même si la recherche de germes strictement pathogènes s'est avérée infructueuse, l'absence de ces derniers de tous les échantillons prélevés n'ôte en aucun cas le rôle que jouera



l'oued dans la propagation de maladies à transmission hydrique graves. Par-contre, d'autres sources de pollution, comme les rejets d'effluents urbains directement déversés par les agglomérations en aval dans l'Oued, sont à signaler ; rendant ce dernier encore plus chargé en termes de pollution bactérienne et organique.

## *Conclusion*

## CONCLUSION

Comme l'indique l'intitulé du sujet, ce travail a pour objectif d'étudier l'impact du rejet du lixiviat traité par osmose inverse du CET Corso dans Oued Corso. Pourtant, cet Oued, délaissé par les autorités locales et ignoré par l'organisme responsable des réseaux hydrauliques publiques, à savoir l'ANRH, possède tous les critères favorables pour être valorisé des deux points de vue : écologique et économique.

Le CET Corso, avec ses trois années d'exercice, contre une estimation de trente années de fonctionnement, et avec un unique casier d'enfouissement, contre cinq de prévus, produit une quantité de lixiviat tellement importante, qu'une station d'osmose inverse ne peut le prendre en charge et le gérer à elle seule, même si elle est opérationnelle 24h/24.

Le choix du traitement de lixiviat est devenu une préoccupation majeure dans le monde entier. L'osmose inverse, tant préconisée, n'en est pas la solution la moins coûteuse, au contraire. Le coût exorbitant des stations modulaires pourrait nous laisser croire que les aspects marketing l'emporteraient largement sur les aspects scientifiques lors de ce choix.

Le rejet du lixiviat vers l'Oued n'est, en réalité, qu'une alternative forcée pour éliminer le surplus de production. Les différents résultats d'analyses et toutes les constatations sur terrain, confirment que le rejet du CET Corso influe négativement sur la qualité de l'eau de Oued Corso : de manière directe, par les paramètres sensoriels, ou indirecte, par les fortes valeurs enregistrées des différentes analyses physico-chimiques et bactériologique.

En effet, toutes ou presque toutes les valeurs obtenues relatives aux paramètres mesurés au point de rejet s'avèrent très élevées par rapport aux normes de rejet en P1 (**JORADP, 2013**). La conductivité électrique et la salinité, tous deux indicateurs de la charge ionique, sont respectivement de 24700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 14,8 ‰ en période humide. Des concentrations rendues moins importantes par effet de dilution au point après rejet (P2) soit 3050  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 1,5 ‰. Si les résultats au point avant rejet P0, trouvés et comparés au guide de la qualité de l'eau en fonction de sa saturation en  $\text{O}_2$ , ont qualifiés l'eau de Oued Corso d'acceptable pour la plupart des organismes vivants, ne nous pourrions dire de même pour les deux autres points P1 et P2. Les MES, la DCO et la DBO5 ont révélé des teneurs hors normes en ces deux points, en effet nous avons obtenu avec des valeurs de l'ordre de :

• 660 mg/l, 6700 mg/l et 3600 mg/l au point de rejet P1 en période humide : contre 430 mg/l, 35000 mg/l et 13000 mg/l en période sèche ;

• 60 mg/l, 220 mg/l et 180 mg/l au point après rejet P2 en période humide contre 430 mg/l, 35000 mg/l et 13000 mg/l en période sèche.

L'azote Kjeldahl aussi été élevé au P1 en période humide et sèche, sa teneur dépasse la norme de rejet (**JORADP, 2013**) de plus de 13 fois. Le  $\text{NH}_4^+$  en valeurs importante, surtout en période sèche

confirme la présence des eaux résiduaires non traitées du CET dans ces rejets. Les analyses bactériologiques confirment nettement cette déduction. Par la méthode du nombre le plus probable NPP les coliformes et les streptocoques fécaux dénombrés sont de l'ordre de  $1,1 \times 10^6$  et  $4,5 \times 10^5$  germes /100 ml en période sèche avec un nombre très élevé en *Escherichia coli* qui est de  $2,1 \times 10^4$  germes /100 ml.

La comparaison des résultats obtenus, avec les normes de rejet ainsi que celles des eaux de surfaces issues du (**JORADP**) en Algérie, nous a permis d'établir une relation de cause à effet, objet de ce travail, concernant les rejets du CET Corso. L'impact de cet effluent se traduit immédiatement, et sans ambiguïté aucune, sur l'aval de l'Oued.

Le CET Corso, étant un établissement classé, doit répondre aux normes exigibles par la loi sur la protection de l'environnement, concernant cette pollution générée par ses effluents : à commencer par le premier milieu récepteur de ses rejets, à savoir Oued Corso, pour finir par le dernier, la mer Méditerranée.

Sans minimiser l'impact des autres acteurs pollueurs, le CET Corso n'est pas le seul responsable de cette catastrophe engendrée à Oued Corso. Malheureusement, tout au long de son passage vers la mer, les agglomérations le longeant ont trouvé en lui une issue à leurs rejets, multipliant ainsi les facteurs polluants et rendant ainsi une éventuelle solution à cette situation encore plus complexe.

Les éléments métalliques qui se trouvent en quantité importante dans Oued Corso, à savoir le Fer et l'Aluminium, ne mettent en aucun cas les rejets du CET en cause. Par contre, la causalité est bien avérée concernant les polluants organiques et azotés. Avec des valeurs en DCO et DBO<sub>5</sub> aussi importantes, que celles enregistrées, ces rejets peuvent prétendre à un traitement biologique soit en phytoépuration ou par bioréacteur, comme prétraitement à l'osmose inverse.

L'absence de travaux antérieurs sur Oued Corso est un handicap majeur quant au suivi de l'évolution de sa charge polluante.

En effet, notre étude ne représente que quelques essais préliminaires qui pourront orienter à entreprendre d'autres études aussi bien par les scientifiques que par les autorités locales.

Autres que les études d'impact écologique, des études épidémiologiques doivent être envisagées, vu l'ampleur de la pollution que connaissent Oued Corso et la côte marine de Corso.

Concernant la source de pollution, il est important de souligner qu'un investissement aussi important ne doit laisser aucun segment de la filière de revalorisation des déchets sans exploitation. Ce qui veut dire que dans l'avenir, il est impératif de penser à la réalisation de centres de traitements de déchets aux multifonctions prenant en charge le tri des déchets, le compostage, la récupération du biogaz et surtout le traitement des effluents ainsi que les eaux résiduaires.

## *Références Bibliographiques*

## ***Références Bibliographiques***

AMIRI K. 2012. Evaluation du fonctionnement de trois stations d'épuration à boues activées de la wilaya de Boumerdes dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources en eau. Thèse de magistère en sciences agronomiques. Génie rural. Option: Hydraulique Agricole. ENSA. 118p.

Audit environnemental : Audit interne établie par l'Université M'hamed Bougara Boumerdes par la faculté des sciences de l'ingénieur, UMBB-FSI-MMQ pour compte du CET Corso (2014).

BELLE Emilien. 2008. Evolution de l'impact environnemental de lixiviats d'ordures ménagères sur les eaux superficielles et souterraines, approche hydrobiologique et hydrogéologique. Site d'étude : décharge d'Étueffont (Territoire de Belfort – France). Thèse de Doctorat en science de la terre et de l'environnement. Université de Franche- Comté. 219 p.

BELLENFANT G. 2001. Modelisation de la production de lixiviat en centre de stockage de déchets ménagers. Thèse de doctorat. Institut national polytechnique de lorraine. Génie civil – hydrosystèmes – géotechnique 164 p.

BENYOUCEF, F., El GHMARI, A., et OUATMANE, A. 2015. Essai de traitement des lixiviats par UASB : cas de la ville de Kasba Tadla. Déchets sciences et techniques, N°70.

BENNAMA, T., YOUNSI, A., DERRICHE, Z., DEBAB, A., Évolution spatio-temporelle de la physico-chimie, microbiologie et écotoxicologie des lixiviats de la décharge publique d'el-kerma (oran, algérie). *Algerian journal of arid environment*.

vol. 1, n° 2, Décembre 2011. P. 22-31.

Benradi F., El Yahyaoui A., Bouhlassa S., Nounah A., Cherkaoui E et Ghrissi F. 2013. Epaissement des concentrats d'osmose inverse. *Journal of Materials and Environmental Science*. N° :6. 2013. P. 832-839.

BOUADJELA M. 1993. Étude hydrogéologique de la vallée de Corso (W. de Boumerdès). Mémoire d'ingénieur d'État en hydrogéologie U.S.T.H.B. 154 P.

BOUCHEZ, T., BUDKA, A et Barina, G. 2005. *Vers une nouvelle génération de centres de stockage – bioactifs*. 84Ème Congrès de l'ASTEE – 01/06/2005 organisé par CEMAGREF et SUEZ ENVIRONNEMENT. 23 p.

CAUSSE B. 2006. Étude de la contamination en Cyanure du lixiviat du lieu d'enfouissement sanitaire de Saint-Étienne-Des-Grès. Mémoire de recherche pour une Maîtrise en sciences de l'environnement. Université du Québec. 99 p.

CHRISTENSEN, T-H., Kjeldsen P, Bjerg P-L et Jensen D-L.2001. Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Applied Geochemistry*. n°:16 P. 659-718

CHTIOUI H., KHALIL F et SOUABI S. Evaluation de la pollution générée par les lixiviats de la décharge publique de la ville de Fès. *déchets - revue francophone d'écologie industrielle* - n° 49 - 1er trimestre 2008.

DELARRAS C et TRÉBAOL B. 2003. *Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation – Prélèvement – Analyses*. Éd. TEC & DOC et EMinter. 269p.

EZ ZOUBI Y., MERZOUKI, M et BENNANI L. Procédé pour la réduction de la charge polluante du lixiviat de la décharge contrôlée de la ville de Fès. *déchets*,

*sciences et techniques - revue francophone d'écologie industrielle*. 2010, vol. 3, n°58, p.22-29

HAKANSON L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*. V14. (1980). P-p 975-1001.

HART, T., SHEARS, P., 1997. Atlas de poche de microbiologie. Médecine-Sciences Flammarion 310 p.

**JORADP**, 2013. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. N°30 du 09 Juin 2013. Arrêté fixant les valeurs limites maximales et les données particulières relatives aux rejets d'effluents, de déversements ou de dépôts de matières de toute nature ne présentant pas de risques de toxicité ou de nuisance dans le domaine public hydraulique.

**JORADP**. 2011. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. N°11-219 du 19 Juin 2011. Décret exécutif fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations.

KHATTABI H., ALEYA L et MANIA, J. 2002. Lagunage naturel de lixiviat de décharge. *Revue des sciences de l'eau*, vol. 15, n° 1, 2002, p. 411-419.

KHATTABI H., ALEYA L et MANIA, J. Variations spatiale et temporelle des abondances bactériennes dans quatre bassins de traitement du lixiviat de la décharge d'Étuefont (Belfort, France). *Comptes Rendus Biologies*. Tome 330 fascicule 5. Mars 2007. p.429–438.



KHOUDIR A., TEZKRATT H. 2002. Actualisation et étude hydrogéologique de la région de Corso (W. de Boumerdès). Mémoire d'ingénieur d'État en hydrogéologie.. U.S.T.H.B.

LEBRES E. 2002. Manuel des travaux pratiques. Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments. Institut Pasteur d'Algérie. 35 p.

Liechti P.2010. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau : Analyses physico-chimiques, nutriments. Ed. OFEV. Berne. 44p

Libanconsult AGM., (bureau d'étude). Etude d'impact de l'aménagement du CET de Corso. Rapport pour compte du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Déc. 2006, 136 p.

MAKOWSKA m., SPYCHALA M et MAZUR R. Removal of Carbon and Nitrogen. Compounds in Hybrid bioreactors. Environmental Engineering. April30, 2013.

MAMMERI L. 2007. Étude de la réaction de dénitrification par l'utilisation du succinate de sodium comme source de carbone. Thèse de magistère Université Mentouri Constantine. Chimie de l'environnement. 84 p.

MEZOUARI-SANDJAKDINE F. 2011. *Conception et exploitation des centres de stockage des déchets en algerie et limitation des impacts environnementaux*. Thèse de docteurat. Ecole polytechnique d'architecture et d'urbanisme en co-tutelle avec l'université de limoges. Discipline : architecture et environnement chimie et microbiologie de l'eau. 243 p.

RENOU S., POULAIN S., GAGNAIRE, J et MOULIN P. 2008 Intégration des procédés membranaires dans le traitement des lixiviats *Eau, l'Industrie, les Nuisances*, n° : 313. Juillet 2008. p 71 –80.

RENOU S., POULAIN S., et *al.*, Lixiviat de centre de stockage: déchet généré par des déchets. *Eau, l'Industrie, les Nuisances*, n° : 310. Janvier 2008. p 37 – 43.

RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., et coll., 2009. L'Analyse de l'eau. 9 ème édition. DUNOD. 1511 p.

SAVARY P. 2010. Guide des analyses de la qualité de l'eau. Édition Territorial. Collection dossier d'experts. 264p.

SOKONA M-Y et CISSE M. 2014. Étude du centre d'enfouissement technique de Corso, caractérisation des déchets et du lixiviat. Mémoire de Master II en Génie de l'Environnement. Université M'Hamed Bougara de Boumerdès., 88p.

TANDIA, C-T.nContrôle et suivi de la qualité des eaux usées, protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible coût, 2007, 42 p.

TRABELSI S. 2011. Études de traitement des lixiviats des déchets urbains par les procédés d'oxydation avancée photochimiques et électrochimiques : application aux lixiviats de la décharge tunisienne "Jebel Chakir". Thèse de Doctorat en Sciences et Technologies de l'Environnement à INSAT Université de Carthage et IFSA Université Paris-Est. 190 p.

VILAGINÈS, Roland., 2003. Eau environnement et santé publique introduction à l'hydrologie. 2ème édition. Editions Médicales internationales. 198 p.



## *Annexes*

## Annexe I

### Concentration maximale d'oxygène dissous (O.D.)

| Température<br>°C | Oxygène dissous<br>mg/L | Température<br>°C | Oxygène dissous<br>mg/L |
|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| 0                 | 14.60                   | 23                | 8.56                    |
| 1                 | 14.19                   | 24                | 8.40                    |
| 2                 | 13.81                   | 25                | 8.24                    |
| 3                 | 13.44                   | 26                | 8.09                    |
| 4                 | 13.09                   | 27                | 7.95                    |
| 5                 | 12.75                   | 28                | 7.81                    |
| 6                 | 12.43                   | 29                | 7.67                    |
| 7                 | 12.12                   | 30                | 7.54                    |
| 8                 | 11.83                   | 31                | 7.41                    |
| 9                 | 11.55                   | 32                | 7.28                    |
| 10                | 11.27                   | 33                | 7.16                    |
| 11                | 11.01                   | 34                | 7.05                    |
| 12                | 10.76                   | 35                | 6.93                    |
| 13                | 10.52                   | 36                | 6.82                    |
| 14                | 10.29                   | 37                | 6.71                    |
| 15                | 10.07                   | 38                | 6.61                    |
| 16                | 9.85                    | 39                | 6.51                    |
| 17                | 9.65                    | 40                | 6.41                    |
| 18                | 9.45                    | 41                | 6.31                    |
| 19                | 9.26                    | 42                | 6.22                    |
| 20                | 9.07                    | 43                | 6.13                    |
| 21                | 8.90                    | 44                | 6.04                    |
| 22                | 8.72                    | 45                | 5.95                    |

## Annexe II

Table NPP

**Système d'ensemencement n° 1 : nombre le plus probable  
et intervalle de confiance**

| Nombre de tubes<br>donnant une réaction positive sur |                    |                      | NPP<br>dans<br>100 mL | Limites de confiance<br>à 95 % |                      |
|--|--------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------|
| 3 tubes<br>de 10 mL                                  | 3 tubes<br>de 1 mL | 3 tubes<br>de 0,1 mL |                       | Limite<br>inférieure           | Limite<br>supérieure |
| 0  | 0                  | 1                    | 3                     | < 0,5                          | 9                    |
| 0  | 1                  | 0                    | 3                     | < 0,5                          | 13                   |
| 1  | 0                  | 0                    | 4                     | < 0,5                          | 20                   |
| 1  | 0                  | 1                    | 7                     | 1                              | 21                   |
| 1  | 1                  | 0                    | 7                     | 1                              | 23                   |
| 1  | 1                  | 1                    | 11                    | 3                              | 36                   |
| 1  | 2                  | 0                    | 11                    | 3                              | 36                   |
| 2  | 0                  | 0                    | 9                     | 1                              | 36                   |
| 2  | 0                  | 1                    | 14                    | 3                              | 37                   |
| 2  | 1                  | 0                    | 15                    | 3                              | 44                   |
| 2  | 1                  | 1                    | 20                    | 7                              | 89                   |
| 2  | 2                  | 0                    | 21                    | 4                              | 47                   |
| 2  | 2                  | 1                    | 28                    | 10                             | 149                  |
| 3  | 0                  | 0                    | 23                    | 4                              | 120                  |
| 3  | 0                  | 1                    | 39                    | 7                              | 130                  |
| 3  | 0                  | 2                    | 64                    | 15                             | 379                  |
| 3  | 1                  | 0                    | 43                    | 7                              | 210                  |
| 3  | 1                  | 1                    | 75                    | 14                             | 230                  |
| 3  | 1                  | 2                    | 120                   | 30                             | 380                  |
| 3  | 2                  | 0                    | 93                    | 15                             | 380                  |
| 3  | 2                  | 1                    | 150                   | 30                             | 440                  |
| 3  | 2                  | 2                    | 210                   | 35                             | 470                  |
| 3  | 3                  | 0                    | 240                   | 36                             | 1 300                |
| 3  | 3                  | 1                    | 460                   | 71                             | 2 400                |
| 3  | 3                  | 2                    | 1 100                 | 150                            | 4 800                |

### Annexe III

| <b>Tableau 2 : Variation de la composition moyenne des lixiviats en fonction de l'âge du CSDU [10]</b> |                                |  |                            |           |   |
|--|--------------------------------|--|----------------------------|-----------|---|
| <b>Origine</b>   | <b>DCO (mg.L<sup>-1</sup>)</b> | <b>DBO<sub>5</sub> (mg.L<sup>-1</sup>)</b> | <b>DBO<sub>5</sub>/DCO</b> | <b>pH</b> | <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg.L<sup>-1</sup>)</b> |
| <b>Jeunes</b>  |                                |  |                            |           |   |
| Canada   | 13.800                         | 9.660                                      | 0,7                        | 5,8       | 42  |
| Canada   | 1.870                          | 930  | 0,5                        | 6,58      | 10  |
| Chine, Hong-Kong   | 15.700                         | 4.200                                      | 0,27                       | 7,7       | 2.260   |
| Chine, Hong-Kong   | 17.000                         | 7.300                                      | 0,43                       | 7,0-8,3   | 3.000   |
|  | 13.000                         | 5.000                                      | 0,38                       | 6,8-9,1   | 11.000  |
|  | 50.000                         | 22000                                      | 0,44                       | 7,8-9,0   | 13.000  |
| Chine, Mainland  | 1.900-3.180                    | 3.700-8.890                                | 0,36-0,51                  | 7,4-8,5   | 630-1.800   |
| Corée du sud   | 24.400                         | 10800                                      | 0,44                       | 7,3       | 1.682   |
| Grèce  | 70.900                         | 26800                                      | 0,38                       | 6,2       | 3.100   |
| Italie   | 19.900                         | 4.000                                      | 0,20                       | 8         | 3.917   |
| Italie   | 10.540                         | 2.300                                      | 0,22                       | 8,2       | 5.210   |
| Turquie  | 16.200-20.000                  | 10.800-11.000                              | 0,55-0,67                  | 7,3-7,8   | 1.120-2.500   |
|  | 35.000-50.000                  | 21.000-25.000                              | 0,5-0,6                    | 5,6-7,0   | 2.020   |
| Turquie  | 35.000-50.000                  | 21.000-25.000                              | 0,5-0,6                    | 5,6-7,0   | 2.020   |
| Turquie  | 10.750-18.420                  | 6.380-9.660                                | 0,52-0,59                  | 7,7-8,2   | 1.946-2.002   |
| <b>Intermédiaires</b>  |                                |  |                            |           |   |
| Allemagne  | 3.180                          | 1.060                                      | 0,33                       | -         | 884   |
| Allemagne  | 4.000                          | 800  | 0,2                        | -         | 800   |
| Canada   | 3.210-9.190                    | -  | -                          | 6,9-9,0   | -   |
| Chine  | 5.800                          | 430  | 0,07                       | 7,6       | -   |
| Chine, Hong-Kong   | 7.439                          | 1.436                                      | 0,19                       | 8,22      | -   |
| Grèce  | 5.350                          | 1.050                                      | 0,2                        | 7,9       | 940   |
| Italie   | 5.050                          | 1.270                                      | 0,25                       | 8,38      | 1.330   |
| Italie   | 3.840                          | 1.200                                      | 0,31                       | 8         | -   |
| Pologne  | 1.180                          | 331  | 0,28                       | 8         | 743   |
| Taiwan   | 6.500                          | 500  | 0,08                       | 8,1       | 5.500   |
| Turquie  | 9.000                          | -  | -                          | 8,15      | 1.270   |
| <b>Stabilisés</b>  |                                |  |                            |           |   |
| Brésil   | 3.460                          | 150  | 0,04                       | 8,2       | 800   |
| Corée du Sud   | 1.409                          | 62   | 0,04                       | 8,57      | 1.522   |
| Estonie  | 2.170                          | 800  | 0,37                       | 11,5      | -   |
| Finlande   | 556                            | 62   | 0,11                       | -         | 159   |
| Finlande   | 340-920                        | 84   | 0,09-0,25                  | 7,1-7,6   | 330-560   |
| France   | 500                            | 7,1  | 0,01                       | 7,5       | 430   |
| France   | 100                            | 3  | 0,03                       | 7,7       | 0,2   |
| France   | 1.930                          | -  | -                          | 7         | 295   |
| Malaisie   | 1.533-2.580                    | 48-105                                     | 0,03-0,04                  | 7,5-9,4   | -   |
| Turquie  | 10.000                         | -  | -                          | 8,6       | 1.590   |

(RENOU, 2012)