



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 محمد البشير الابراهيمي برج بوعريريج

Université Mohammed el Bachir el Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعية و الحياة و علوم الارض و الكون

Faculté des sciences de la vie de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de la vie

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Biodiversité et environnement

Intitulé :

**Etude de la performance de la station d'épuration de
Bordj Bou Arreridj**

Présenté par :

Lounici Amani & Makhoukh Linda

Soutenu le / / 2022, devant le jury :

Président	BOUZID Chawki	MAA	Université de B.B.A.
Encadrant	BENSOUILAH Taqiyeddine	MCA	Université de B.B.A.
Examineur	BAAZIZ Naima	MCB	Université de B.B.A.

Année Universitaire : 2021/2022



Remerciements

Nous premier remerciement va à Allah

Un remerciement vraiment spécial a notre encadreur monsieur "Ben Souillah", pour sa gentillesse, sa disponibilité et surtout pour sa patience avec nous et sa contribution général a l'élaboration de ce travail.

Nous remerciement aussi

Les membres de jury qui nous feront l'honneur de juger ce travail

Et tous les enseignant de la faculté SNV-STU en particulier les enseignants de la filière du biodiversité et environnement.

À tous les amis de la promo 2021-2022

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué d'une quelconque manière à l'élaboration de ce mémoire, depuis la préparation jusqu'aux ultimes moments.





Dédicace

Je dédie cet humble travail

À mes "**chers parents**" qui m'ont aidé et encouragé tout au long de ce travail, grâce à eux je suis là, Que dieu vous protèges et vous donne la sante et longue vie.

À mon chère et unique frère "**Oussama**" et mes sœurs "**Nassima**" et "**Rania**".

À ma chère tante "**Wahiba**" qui est ma deuxième mère pour moi et pour ma mère.

À ma grande sœurs chère "**Malika**"

Sans oublier, ma cousine préférée "**Amel**" un merci spécial à-vous pour tous ce que vous faites pour nous.

À mes grands-pères "**Zizi**" et "**Al Hadi**" et mes grandes mères "**Aicha**" et "**Saadia**"

(ربي يرحمهم)

À mes chères copines "**Amani**" et "**Halima**" qui je remercie pour les beaux moments que nous avons passé ensemble.

À toute ma famille sans exception

Linda



Dédicace

Avant tous c'est grâce à **DIEU** que je suis la

Je dédie ce modeste travail

- ❖ A mon premier amour, mon premier ami, mon modèle dans la vie, au guerrier qui ma protégée et encouragée avec tout l'amour et la tendresse et le soin du monde. Qui a consacré son existence à bâtir la mienne. A la plus belle créature que dieu a créé dans ce monde a ma très chère mère **LILA**, vous avez fait plus que votre puissance, aucun dédicace ne pourrais exprimer ce que vous méritez. dieu vous préservez et vous accordez santé et longue vie.
 - ❖ A l'âme de ma chère tante **SOUHA** mon source de courage d'amour de patience, Dieu repose son âme et la mette au paradis.
 - ❖ A mon frère **WALID** qui à présent pour moi un exemple de générosité et de courage.
 - ❖ A mes adorables sœurs qui me donne la force pour accomplir ce travaille, mon âme sœur et ma force **HANA** c'est le bonheur d'avoir une sœur comme toi, ma petite sœur **KAOUTHER** j'ai la chance d'avoir votre bonté exceptionnelle dans ma vie.
 - ❖ A mon seule et unique camarade **KHAMSSA**, l'ange qui ma entourée par son amour et son soutien et surtout sa fidélité.
 - ❖ A mon binôme, mon support dans ce travaille celle qui a partager avec moi les bonne et les mauvaises souvenirs pendant nôtre duré d'étude. à la plus belle courageuse **Linda**.
- Enfin je dédie tous les obstacles, les problèmes, les larmes et beaucoup plus pour tous les temps difficiles qu'enforcis mon confiance et m'ajoute aujourd'hui dans cette place qui me rende plus forte et fière de moi donc tous les dédicace pour moi.

Amani

Table des matières

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Résumés	
Introduction	1

Chapitre I : 1- Description de la zone d'étude

I. La Situation administrative	3
II. La topographie.....	4
III. Les réseaux hydrologiques	4
IV. La Pédologie	5
V. La diversité faunistique	5
VI. Le climat	5
a) Précipitation	6
b) Température.....	6
c) Synthèse climatique.....	7

2- Généralités sur les eaux usées

I. Introduction.....	10
II. Origine des eaux usées.....	10
II.1 Les eaux usées domestiques	10
II.2 Les eaux usées industrielles	10
II.3 Les eaux usées agricoles	11
III. 4 Les eaux usées pluviales	11
les paramètres qualitatifs des eaux usées.....	11
Les paramètres organoleptiques	11
a. La couleur	11
b. L'odeur	12

III.1 Les paramètres physico-chimiques.....	12
a. Les températures	12
b. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	12
c. La turbidité	12
d. Matière en suspension (MES).....	12
e. La conductivité (CE).....	13
f. La demande biologique en oxygène (DBO).....	13
g. La demande chimique en oxygène (DCO).....	13
h. Carbone organique total (COT).....	13
i. L'Azote et ses dérivés	14
• L'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	14
• Les nitrites (NO ₂ ⁻).....	14
• Les nitrates (NO ₃ ⁻).....	14
j. Les phosphates (PO ₄ ⁻³).....	15
IV. Pollution des eaux	15
IV.1 L'origine et les facteurs de la pollution des eaux	15
IV.2 Les types de la pollution	15
IV.2.1 La pollution physique.....	15
• La pollution mécanique.....	16
• La pollution thermique.....	16
• La pollution radioactive.....	16
IV.2.2 La pollution chimique	16
a. La pollution organique.....	17
• Les détergents	17
• Les pesticides	17
• Les hydrocarbures	18
b. Pollution minérale	18
• Les métaux lourds (éléments traces)	18
• Les éléments minéraux nutritifs	19

Chapitre II:

1- Les procédés d'épuration des eaux usées

III.1	Présentation d'un système d'épuration	19
III.2	Les techniques d'épuration les eaux usées	19
III.2.1	Prétraitement	19
	• Dégrillage	19
	• Dessablage	20
	• Déshuilage	20
III.2.2	Traitement primaire	20
	• La décantation	20
	• La décantation primaire	21
	• La décantation secondaire	21
	• La flottation	21
III.2.3	Traitement secondaire	21
	• Le traitement par boues activées	21
	• L'épuration sur Lit bactérien	22
	• Le traitement anaérobie	22
III.2.4	Traitement tertiaire	22
	• Traitement bactériologique par rayonnement UV	23
	• Traitement par voie physico-chimique	23
	• Traitement des odeurs	23
	• Elimination de l'azote	23
	• Elimination du phosphore	24

Chapitre III :

1- Matériel et méthodes

IV.1	Présentation de la station d'épuration	26
IV.2	Prélèvement et le transport des échantillons	26
IV.3	Les méthodes d'analyses physico-chimiques	26
	1) La température	26
	2) pH	27
	3) La conductivité électrique	27
	4) Matière en suspension (MES).....	28
	6) L'oxygène dissous (O ₂).....	28
	7) Demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	28
	8) Demande chimique en oxygène (DCO)	29
	8) Phosphore total	29

9) L'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	30
10) Les nitrites (NO ₂ ⁻).....	30
11) Les nitrates (NO ₃ ⁻).....	31

2- Résultats et Discussion

1) La température	32
2) pH	33
3) La conductivité électrique (CE).....	34
4) Matière en suspension (MES).....	35
5) L'oxygène dissous (O ₂).....	36
6) Demande biochimique en oxygène (DBO).....	37
6) Demande chimique en oxygène (DCO)	38
8) Phosphore total	39
9) Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	40
10) Nitrite (NO ₂ ⁻).....	41
11) Nitrate (NO ₃ ⁻)	42
Conclusion	43
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.....	3
Figure 2 : Diagramme Ombrothermique de la wilaya de B.B.A	8
Figure 3 : Localisation de notre région d'étude dans le climagramme d'EMBERGE	9
Figure 4 : Variation de la température de l'eau brute et l'eau épurée	33
Figure 5 : Variation du pH de l'eau brute et l'eau épurée	34
Figure 6 : Variation de la conductivité électrique de l'eau brute et l'eau épurée	35
Figure 7 : Variation de MES de l'eau brute et l'eau épurée	36
Figure 8 : Variation de l'O ₂ dissous de l'eau brute et l'eau épurée	37
Figure 9 : Variation de la DBO ₅ de l'eau brute et l'eau épurée	38
Figure 10 : Variation de la DCO de l'eau brute et l'eau épurée	39
Figure 11 : Variation du PT de l'eau brute et l'eau épurée	40
Figure 12 : Variation de l'NH ₄ ⁺ de l'eau brute et l'eau épurée	41
Figure 13 : Variation de NO ₂ ⁻ de l'eau brute et l'eau épurée	42
Figure 14 : Variation de NO ₃ ⁻ de l'eau brute et l'eau épurée	43

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition mensuelle des précipitations (météorologique de Bordj Bou Arreridj station Ain Arnat).....	8
Tableau 2 : variations des températures moyennes mensuelles (Météorologique de Bordj Bou Arreridj station Ain Arnat).....	9
Tableau 3 : variations des températures moyennes mensuelles et des précipitations (dans la région de BBA).....	9
Tableau 4 : Caractéristiques bioclimatiques de la station de B.B.A (Quotient pluviométriques).....	11
Tableau 5 : Rapport DCO/ DBO ₅ de l'eau épurée.....	44

Liste des abréviations

ANDI : Agence nationale de développement de l'investissement.

ANIREF : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.

BBA: Bordj Bou Arreridj.

CE : Conductivité électrique.

CF : conservation des forêts.

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DDT : Le dichloro-diphényle-trichloro-éthane.

FAO: Food and Agriculture Organisation.

IBGE : Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement.

M : Température moyenne mensuelle des maxima en (C°).

m : Température moyenne mensuelle des minima en (C°).

(M+m)/2 : Température moyenne mensuelle des températures moyennes en (C°).

MES : Matières en Suspensions.

Mg/l: Mili gramme par litre.

MO : Matière organique.

N: Azote.

NH₄⁺: Azote ammoniacal.

NO₂⁻ : Nitrite.

NO₃⁻ : Nitrate.

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

ONA : Office National de l'Assainissement.

P : Précipitation.

PCB : Polychlorophényles

PT: Phosphore total.

Q₂ : Quotient pluviométriques.

STEP: Station d'épuration.

WHO : World Health Organization.

Résumé

الملخص

عمليات معالجة مياه الصرف الصحي هي ممارسات لها تأثير على البيئة والاقتصاد وصحة الانسان . الهدف من هذه الدراسة هو تقييم اداء التنقية لمحطة معالجة المياه في ولاية برج بو عريريج واطهار اهمية هذه الاخيرة في حماية البيئة .

للقيام بذلك اجرينا التحليلات الفيزيائية والكيميائية للماء الخام والذي تمت معالجته على مستوى المحطة .النتائج المتحصل عليها اظهرت ان المياه المستعملة المعالجة تتميز ب :الحرارة (17.8) درجة مئوية ,درجة الحموضة (8.16mg/l) (الاكسجين المذاب (0.45mg/l) , فوسفور (0.50) ,النترت (0.09 mg/l), النترات (3.23mg/l) (مطابقة لمعايير المنظمة العالمية للصحة . من جهة اخرى فان الناقلية الكهربائية (2078us/cm) ,المواد الصلبة العالقة(141.69mg/l) DBO₅ (170mg/l) , DCO (263mg /l) (الازوت (97mg/l) هي عوامل تلوث تفوق المعايير بشكل كبير .

اداء تنقية محطة برج بو عريريج ضعيف ويحتاج الى تحسينات خصوصا في نظام الترسيب, حوض التهوية والمعالجة البيولوجية .

الكلمات المفتاحية :مياه الصرف الصحي, كفاءة المعالجة ,التحليلات الفيزيائية و الكيميائية ,برج بو عريريج

Résumé :

Les procédés d'épuration des eaux usées sont des pratiques qui ont des influences sur l'environnement, l'économie et la santé humaine. L'objectif de la présente étude c'est d'évaluer les performances épuratoires de la station d'épuration de Bordj Bou Arreridj et de montrer l'importance de cette dernière sur la protection de l'environnement.

Pour ce faire nous avons effectué des analyses physico chimiques de l'eau brute et celui épurée au niveau de la station d'épuration. Les résultats obtenus ont montré que les eaux usées épurées sont caractérisées par une température (17,18 °C), un pH (8,16 mg/l), un O₂ dissous (0,45 mg/l), un PT (0,50 mg/l), les NO₂- (0,09 mg/l) et les NO₃- (3,23 mg/l) conformes aux normes de l'organisation mondial de la santé. Par contre, la conductivité électrique (2078 µS/cm), les MES (141.69 mg/l), la DBO₅ (170 mg/l), la DCO (263 mg/l) et l'NH₄⁺ (97 mg/l) sont des paramètres de pollution qui dépassent largement les normes.

les performances épuratoires de la station de Bordj Bou Arreridj sont faibles et nécessitent des améliorations notamment en système de décantation, le bassin d'aération et le traitement biologique.

Mots clés : Eaux usées, performances épuratoires, analyses physico chimiques, Bordj Bou Arreridj.

Abstract :

Wastewater treatment processes are practices that have influences on the environment, the economy and human health, the objective of this study is to evaluate the purification performance of the BBA, wastewater treatment plant and to show its importance on environmental protection.

To do this , we carried out physico-chemical analyses of the raw and purified water at the treatment plant .the results obtained showed that the treated wastewater is characterized by a : temperature (17.8c) , ph(8.16mg/l) , dissolved O₂ (0.45mg/l), PT (0.50mg/l), NO₂⁻ (0.09mg/l) and NO₃⁻ (3.23mg/l),that comply with world health organization standards . On the other hand, electrical conductivity (2078us/cm), MES (141.69mg/l), DBO₅ (170mg/l), DCO (263mg/l)and NH (97mg/l)are pollution parameters that far exceed standards . The purification performance of the BBA station is low and requires improvements, particularly in the settling system, the aeration basin and biological treatment.

Key words: Wastewater, purification performance, physico-chemical analyses, BBA.

Introduction

Introduction

L'Algérie est l'un des pays en voie de développement qui a connu des progrès ces dernières décennies dans les secteurs industriels et agricoles mais elle a également connu un accroissement démographique important. Le développement économique, la diversification des biens de consommation, la généralisation de la distribution d'eau potable à domicile et la multiplication des besoins en eau ont largement contribué au confort et à la santé de la population mais ont conduit également à l'utilisation massive et à la pollution de l'eau. Ce développement nécessite une préservation et utilisation rationnelle de l'or bleu qui a devenu une préoccupation mondiale (**Melanie, 2010**).

La pollution des ressources en eau se manifeste par la présence de micro-organismes, de substances chimiques ou encore de déchets industriels. Cette pollution peut être d'origine industrielle, agricole ou domestique. Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes dans l'environnement est un motif de préoccupation croissante compte tenu ces effets indésirables sur la santé humaine et l'environnement. Cependant, la station d'épuration a pour but d'assainir les eaux usées avant leur rejet dans les cours d'eau pour réutiliser ou recycler les eaux usées dans le milieu naturel (**Melanie, 2010**).

La wilaya de Bordj Bou Arreridj (BBA), a vocation agro pastorale, a une insuffisance des ressources en eau, peut profiter largement de l'épuration des eaux usées par diverses techniques au moins en agriculture.

L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances épuratoires de la station d'épuration de Bordj Bou Arreridj et de montrer son impact sur la protection de l'environnement et le maintien de la biodiversité en analysant les paramètres suivants :

- La température (T°)
- Le potentiel d'hydrogène (PH)
- La conductivité électrique (CE)
- La matière en suspension (MES)
- Oxygène dissous (O_2)
- La demande biochimique en oxygène (DBO_5)
- La demande chimique en oxygène (DCO)
- Le phosphore total (PT)
- Azote ammoniacal (NH_4^+)

Introduction

- Nitrite (NO_2)
- Nitrate (NO_3).

Ce travail est organisé en cinq chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à :
 - 1- la description de la région d'étude.
 - 2- Généralités sur les eaux usées
- Le deuxième chapitre renferme les procédés d'épuration des eaux usées.
- Le quatrième chapitre décrit :
 - 1- le matériel et méthodes utilisés.
 - 2- les résultats de traitement des donnéesobtenus et leurs interprétations.

Achévé par une conclusion générale

Chapitre I

Chapitre I

Description de la zone d'étude

I. La Situation administrative :

La wilaya de Bordj Bou Arreridj s'étend sur une superficie de 3 920,42 km² (ANIREF, 2011). Géographiquement, elle est comprise entre les latitudes Nord 36°4'60" et les longitudes Est 4°45'0" (Figure 1).

Située sur les hauts plateaux Est du pays, elle s'étend sur l'axe Alger-Constantine et est limitée par (ANIREF, 2011) :

- ✓ Au Nord, par la wilaya de Bejaia.
- ✓ A l'Est, par la wilaya de Sétif.
- ✓ A l'Ouest, par la wilaya de Bouira.
- ✓ Au Sud, par la wilaya de M'Sila.

Son érection au rang de wilaya a abouti à la configuration actuelle : 34 communes, 10 daïra avec un taux d'encadrement moyen de 3 communes par daïra (ANDI, 2014).

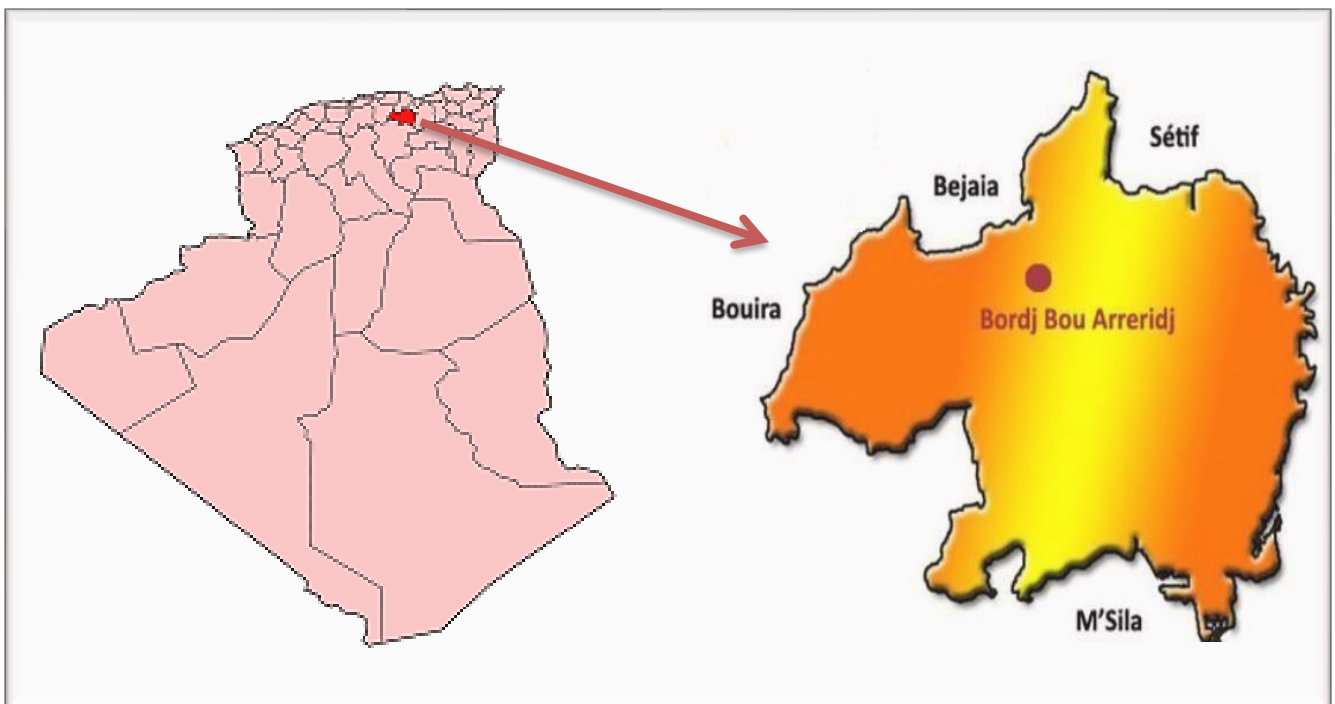


Figure 1 : Localisation de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (ANDI, 2013).

Chapitre I

II. La topographie :

Selon l'Agence national de développement de l'investissement la région de BBA est constituée 3 zones géographiques (ANDI, 2013) :

- **La zone des hautes plaines** : Cette zone caractérisée par un relief ondulé dont les parties hautes voient affleurer le substrat marneux et les parties basses sont noyées par des alluvions et colluvions. Les hautes plaines occupent les superficies les plus importantes.
- **La zone montagneuse** : Les flysch des montagnes du Nord sont des argiles schisteuses épaisses entrecoupées par des bancs de calcaires et de grès. L'ensemble est très sensible à l'érosion mécanique.
- **La zone steppique** : La zone Sud-Ouest est constituée de sols légers à vocation agropastorale.

III. Les réseaux hydrologiques :

Le réseau hydrographique de la wilaya est caractérisé par deux sens d'écoulement opposés principaux, séparés par une ligne de partage des eaux. Cette limite naturelle correspond à la limite de grands bassins - versants :

➤ **Le bassin versant « chott du Hodna »** : marque la transition entre le domaine tellien au nord et le Sahara au sud. Le passage entre ces deux domaines, marqué par une succession d'ensembles montagneux (le Tell au nord, l'Atlas Saharien au sud) et de plaines, favorise la diversité des milieux bioclimatiques. Cela influe fortement sur l'activité socio-économique de ces régions. Ce bassin versant est souvent cité comme un territoire dont l'accès est difficile, notamment par le nord. Au nord du bassin, l'écran montagneux formé par la chaîne du Hodna et des monts du Titteri forme en effet une véritable barrière (Kebiche, 1993).

➤ **Le bassin versant « Soummam »** : Le sens d'écoulement principal est Sud - Nord et couvre la moitié septentrionale de la wilaya à prédominance marneuse ou argileuse imperméable. Le bassin versant de la Soummam est très développé hydro graphiquement par ses divers affluents (cours d'eau), ses eaux dont la majorité est drainé par l'Oued de Bou-Sellam et le Sahel qui en se joignant près d'Akbou formant l'Oued de la Soummam .

Chapitre I

IV. La Pédologie :

La région est caractérisée par 3 différents types de sol selon la zone (**BENDER, 2008**) :

- ✓ **La zone montagneuse** : Les sols relativement peu profonds argilo-limoneuse et les sols de moyennes et hautes montagnes repose sur roche mère constituée de calcaire, marno-calcaire et de grès.
- ✓ **La zone des hautes plaines** : Les sols rencontrés dans cette zone sont :
 - Sols bruns calcaires avec ou sans encroutements sur les glacis.
 - Sols vertiques.
 - Sols lithiques et sols rigosoliques (**CF BBA, 2009**).
- ✓ **La zone Sud** : La couverture pédologique de la zone est une association des sols lithiques marneux

V. La diversité faunistique :

Dans la Wilaya de B.B.A la faune est riche de plusieurs types d'animaux : des mammifères aux oiseaux en passant par les poissons du barrage d'Ain Zada.

- Les mammifères :
 - chacal doré, le nom scientifique est *canis aureus*.
 - chat forestier, le nom scientifique est *felis silvestris*.
- Les oiseaux :
 - Agrobate roux le nom scientifique est *Cercotrichas galactotes*.
 - Bec croisé des sapins le nom scientifique est *Loxia curvirostra*.
- Les poissons :
 - Carpe à grande bouche le nom scientifique est *Aristichtys nobilis*.
 - Carpe herbivore le nom scientifique est *Otenopharyngodon idella*.

(**Conservation des forêts BBA, 2016**)

VI. Le climat :

Le climat est défini comme étant l'interaction d'un certain nombre de facteur à savoir la température, la pluviométrie, l'humidité, vent et gelée ...etc.

Selon (**Ghennai, 2012**) l'est-algérien est la région la plus variée du pays sur le plan climatique. Il est Caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 5 à 6 mois au niveau des hautes plaines (**Farah, 2014**).

La région se caractérise par un climat de type continental avec un étage bioclimatique semi-aride marqué par un été chaud et un hiver plus ou moins rigoureux (**Bouragba, 2015**). La pluviométrie annuelle est de 300 à 700 mm (**ANDI, 2013**).

Chapitre I

a) Précipitations :

Les Précipitations jouent un rôle important dans l'apparition et la disparition du tapis végétal.

Les données climatiques sont relatives à la station métrologique d'Ain Arnat (DAAS) Bordj Arreridj (2014-2022).

Tableau 1 : Répartition mensuelle des précipitations (météorologique de Bordj Bou Arreridj station Ain Arnat)

Moins Période	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm) (2014-2022)	48,9	45	44,9	50,3	43,2	17,3	5,6	12,3	32,6	35,5	44,2	49

Le Tableau 1 montre que les précipitations sont en général faibles à modérées, la région ne reçoit que 428,8 mm d'eau par an. L'été est pratiquement sec, le mois plus sec est Juillet avec 5,6 mm et le maximum des pluies tombent en mois de avril avec 50,3 mm.

b) Températures :

La température représente un facteur climatiques et limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'être vivants dans la biosphère (RAMADE, 1984).

Les températures minimales, maximales et moyennes concernant la station de B.B.A sont regroupées dans le tableau (2) suivant :

Chapitre I

Tableau 2 : Variations des températures moyennes mensuelles (Météorologique de Bordj BouArreridj station Ain Arnat) (2014-2022).

		Mois											
T(C°)		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
(2014-2022)	M C°	10	12	15	18	23	29	33	33	27	22	15	11
	m C°	1	1	4	6	10	15	18	18	15	10	5	2
	(M+m)/2C°	5,5	6,5	9,5	12	16,5	22	25,5	25,5	21	16	10	6,5

Le mois le plus chaud de l'année à Bordj-Bou-Arreridj est juillet, avec une température moyenne maximale de 33 °C et minimale de 18 °C. Le mois le plus froid de l'année à Bordj-Bou-Arreridj est janvier, avec une température moyenne minimale de 1 °C et maximale de 10 °C.

c) Synthèse climatique :

La synthèse climatique a porté notamment sur la représentation des diagrammes Ombrothermiques de **BAGNOULS et GAUSSEN** ; Consistent à définir et classer les climats méditerranéens du point de vue biogéographique (étage bioclimatiques) Ceci revient donc à calculer le quotient pluviométrique Q2 selon la formule suivante :

$$(Q2=1000P /M+ m /2(M-m) =2000P/M^2- m^2)$$

1. Le diagramme BAGNOULS et GAUSSEN :

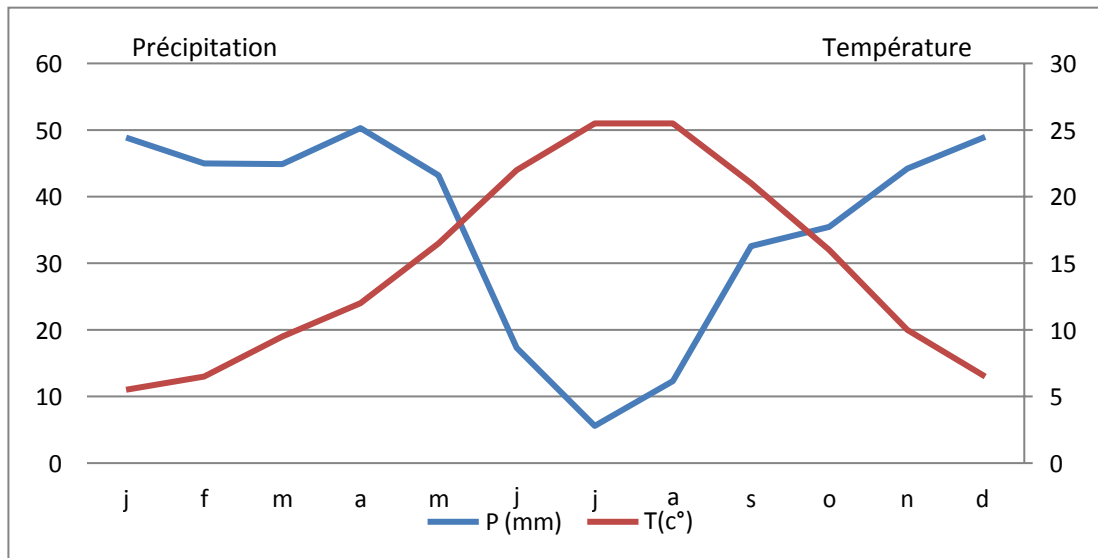
Fait ressortir l'influence simultanée des températures et des précipitations, par la formule $P = 2 T$.

Nous avons représenté (**Figure 4**) le diagramme Ombrothermique à partir de tableau ce – dessous :

Tableau 3 : Variations des températures moyennes mensuelles et des précipitations (dans la région de BBA)

Mois	J	V	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T(c°) moyenne	5,5	6,5	9,5	12	16,5	22	25,5	25,5	21	16	10	6,5
P (mm)	48,9	45	44,9	50,3	43,2	17,3	5,6	12,3	32,6	35,5	44,2	49

Chapitre I



P=2T

Figure 2 : Diagramme Ombrothermique de la wilaya de B.B.A (2014-2022)

Le diagramme ombrothermique de la station de Bordj Bou Arreridj montre une alternance de deux périodes, **l'une humide** s'étend du mois de novembre jusqu'à mars, et **l'autre sèche** s'étale du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre.

2. Le Climagramme d'EMBERGER :

Le climagramme d'EMBERGER permet de caractériser le climat d'une région et de la classer par rapport aux climats des autres régions, grâce au quotient pluviométrique qui se calcule comme suit :

$$Q2 = 3,43 P / (M - m)$$

- **P** : Précipitations Annuelles en (mm).
- **M** : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en C°.
- **m** : Moyenne des températures maximales du mois le plus froid en C°.

Pour définir l'étage bioclimatique de notre région d'étude, nous avons utilisé le climagramme pluviométrique de (**Sauvage, 1963**) qui combine deux paramètres climatiques. L'axe des ordonnées représente les valeurs du quotient (**Q2**) et sur l'axe des abscisses figurent les valeurs de température minimale (**m**) du mois le plus froid. Sur ce climagramme nous avons **cinq étages bioclimatiques** : Saharien, Aride, Semi-aride, Subhumide et Humide.

Chapitre I

Ces derniers sont divisés en sous étages (inférieur, moyen et supérieur) puis en variantes thermiques en fonction de la valeur de (m) :

$$0^{\circ} < m < -3^{\circ} = \text{froid}$$

$$+ 3^{\circ} < m < +7^{\circ} = \text{tempéré}$$

$$0^{\circ} < m < +3^{\circ} = \text{frais}$$

$$m > +7^{\circ} = \text{chaud}$$

La zone d'étude se trouve soumise à l'étage bioclimatique aride à hiver frais (**Tableau 4**) (**Figure 5**).

Tableau 4 : Caractéristiques bioclimatiques de la station de B.B.A (Quotion pluviothermique)

Région	M (°C)	m (°C)	Q2	Bioclimat	
BBA	33	1	46	Etage	Variants
				Semi-aride	Hiver Frais

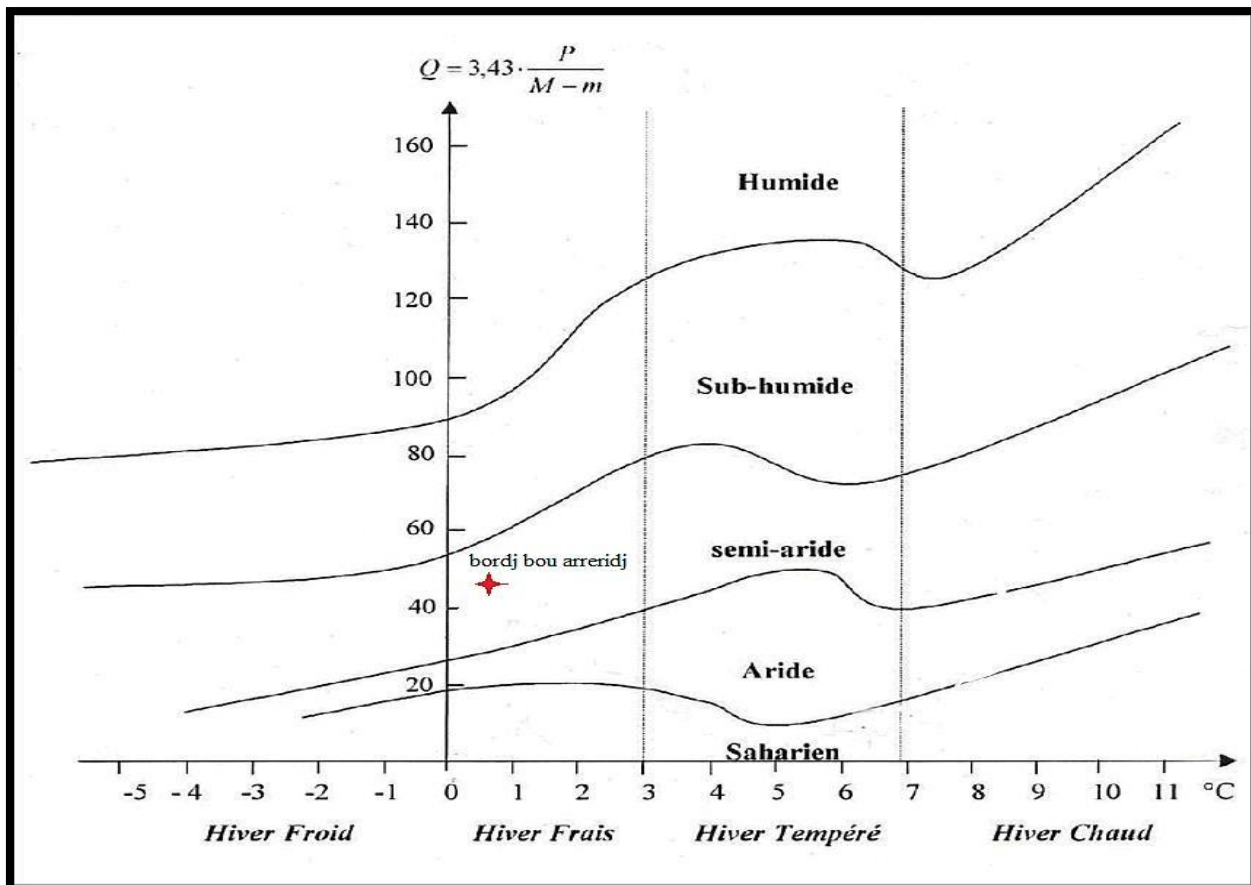


Figure 3 : Localisation de notre région d'étude dans le climagramme d'EMBERGE.

Généralités sur les eaux usées

I. Introduction

Les eaux usées, appelée encore eau résiduaire ou effluent, est due essentiellement aux activités humaines ainsi qu'aux phénomènes naturels. Elle a des effets multiples qui touchent aussi bien la santé publique que les organismes aquatiques, ainsi que la flore et la faune terrestre. L'ensemble des éléments perturbateurs regroupent les eaux usées de deux façons différentes : les eaux usées domestiques (les eaux vannes et les eaux ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines) (**Baumont et al., 2004**).

II. Origine des eaux usées

Selon l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre origines (**Metahri, 2012**) :

II.1 Les eaux usées domestiques

D'après le glossaire des termes techniques des eaux résiduaires NF EN 16323, l'eau usée domestique est définie comme "les eaux souillées par la vie humaine, incluant l'eau provenant des cuisines, buanderies, lavabos, salles de bains, toilettes et installations similaires". Traditionnellement, on distingue les eaux vannes issues des eaux de toilette, des eaux ménagères, toutes eaux usées domestiques à l'exclusion des eaux de toilettes. La caractérisation des eaux usées domestiques par source d'émission implique de différencier l'ensemble des lieux sources où sont produites des eaux usées à l'échelle de l'habitat (**EME et BOUTIN, 2015**).

II.2 Les eaux usées industrielles

Ce sont les eaux usées qui proviennent de locaux utilisés à des fins industriels, commerciales, artisanales ou de services, leurs eaux de refroidissement de pompes à chaleur et de climatisation.

Les eaux usées industrielles doivent faire l'objet, avant rejet vers le réseau public, d'un traitement adapté à leur nature afin d'assurer la protection du milieu récepteur (**Directive Européenne ,1991**) « Norme de rejet indirect ». La composition de ces eaux est liée à l'activité industrielle, on peut catégoriser les établissements industriels sur la base des secteurs d'activité industrielle de la classification SIC (Standard Industriel Classification) en les répartissant en neuf secteurs qui sont :

- Les fabriques de pâtes et papiers.
- Les industries de la métallurgie primaire.

Chapitre I

- Les industries de chimie (organique et inorganique à l'exception des raffineries de pétrole).
- Les industries de transformation du métal (métallurgie secondaire, machinerie, équipements électroniques, matériel de transport, instrument de mesure...etc.).
- Les industries agro-alimentaires (les industries de textile et du vêtement).
- Les industries de transformation du bois (scieries, fabrication de meubles, ...etc.).
- Les industries diverses non classées dans les secteurs précédents par exemple (transformation de la pierre, de l'argile, de l'imprimerie...etc.).
- Les raffineries de pétrole.

II.3 Les eaux usées agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle cause essentiellement des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues (**Dugniolle et al., 2011**).

II.4 Les eaux usées pluviales

Ce sont les eaux usées qui proviennent des précipitations atmosphériques, des ruissellements (eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours) , elles sont chargées de matières minérales en suspension, d'hydrocarbures, pesticides, détergents ...etc.

III. Les paramètres qualitatifs des eaux usées

III.1 Les paramètres organoleptiques

a. La couleur

La couleur de l'eau peut être due à des substances minérales naturelles comme le fer et le manganèse, ou des composés organiques, dont les plus répandus sont des algues, des protozoaires et des produits naturels de la décomposition des végétaux comme les substances humiques, les tanins et les lignines (**Allen et al., 1994**).

b. L'odeur

Une odeur est dû à un ensemble complexe de composés chimiques présents dans l'air, que l'on respire et que notre système olfactif perçoit, analyse et décode. Elle se caractérise par sa qualité, son intensité et son acceptabilité. Les eaux résiduaires, chargées en matières organiques particulaires et dissoutes, en composés azotés, soufrés et phosphorés, peuvent générer directement (par dégagement de composés très volatils) ou indirectement (suivant un processus biologique de fermentation en milieu réducteur) des odeurs désagréables (PAILLARD *et al.*, 1989).

III.2 Les paramètres physico-chimiques

a. La température

Est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment) (Rodier *et al.*, 1996). La température de l'eau usée a une influence majeure sur le taux de biodégradation dans le bassin tampon (hydrolyse des polymères) et dans le bassin d'aération (conversion en CO₂, H₂O et composés minéraux). Plus la température est élevée, plus le processus de biodégradation est rapide.

b. Le potentiel d'hydrogène

La qualité d'une eau et son pH sont souvent mentionnés dans une même phrase. Le pH est un facteur important dans le traitement de l'eau car certains procédés nécessitent d'être réalisés avec un pH spécifique pour être efficace. Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance, l'alcalinité ou la basicité d'une eau. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène libre (H⁺) contenus dans la substance (Lenntech, 1998).

c. La turbidité

La turbidité est un indicateurs essentiel de L'eau, représente l'opacité d'un milieu trouble, c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes (Rejsek, 2005), peut-être causée par :

- des particules organiques (matière animales ou végétales décomposées, algues).
- des particules inorganiques (limons, argile ...).

d. Matière en suspension

Les MES représentent les matières qui ne sont ni à l'état dissous ni à l'état colloïdales, donc filtrable. Elles sont organiques et/ou minérales et permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau (Zeghoud, 2014).

Chapitre I

e. La conductivité

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par mètre (mS/m) ou micro siemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$). L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau (L'IBGE et ODE, 2005)

f. La demande biochimique en oxygène

La demande biochimique en oxygène est la mesure de la quantité d'oxygène requise pour oxyder la matière organique (végétale, animale, etc.), de même que la matière inorganique (sulfures, sels ferreux, etc.) .La DBO5 est la mesure de la consommation d'oxygène d'un effluent après cinq jours d'incubations à 20 °C. La consommation d'oxygène de l'échantillon provient de la dégradation des molécules organiques et de l'oxydation des molécules inorganiques comme les sulfures, les ions ferreux et les différentes formes de composés azotés (Québec, 2014).

g. La demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène est la mesure de la quantité d'oxygène requise pour oxyder la matière organique et inorganique oxydable contenue dans un échantillon. Ce paramètre donne une estimation de la quantité de polluants présents dans un effluent industriel ou une eau usée.

Les eaux d'un effluent industriel dont la DCO est élevée peuvent provoquer des problèmes de diminution de la concentration d'oxygène dans des cours d'eau. La valeur de la DCO peut également servir d'indicateur pour les dilutions nécessaires lors de la mesure de la demande biochimique en oxygène (Québec, 2016).

h. Carbone organique total

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques, à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques. Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène et la demande biologique en oxygène.

Certaines matières organiques échappent à ces mesures ; dans ce cas, le dosage du COT est mieux adapté. Il est indépendant de l'état d'oxydation de la matière organique et ne mesure pas

Chapitre I

Les éléments inorganiques tels que l'azote et l'hydrogène qui peuvent être pris en compte par la DCO et la DBO.

La détermination porte sur les composés organiques fixés ou volatils, naturels ou synthétiques, présents dans les eaux résiduaires (celluloses, sucres, huiles, etc.). Cette mesure permet de faciliter l'estimation de la demande en oxygène liée aux rejets, et d'établir éventuellement une corrélation avec la DBO et la DCO (Tarmoul et Sodi, 2007).

i. L'azote et ses dérivés

L'élimination de l'azote fait partie des étapes essentielles du traitement des eaux usées. Il existe d'ailleurs des normes réglementaires liées aux concentrations de l'azote en sortie de station. De ce fait, pour respecter ces concentrations, il faut contrôler la nitrification et la dénitrification de manière optimale.

Dans les eaux, l'azote peut se trouver sous forme minéral (ammoniacal, nitrate) ou organique (l'azote). Sa présence organique ou ammoniacal se traduit par une consommation d'oxygène dans le milieu naturel et altère les conditions de vie.

En assainissement, le cycle de l'azote passe par les différents stades d'évolution biogéochimique du composé. Il aboutit à la formation d'azote gazeux (diazote N_2) en commençant par l'azote organique, et en passant par : l'ammoniac, le nitrite, le nitrate (**Meudal, 2022**).

Dans les stations d'épuration, plusieurs formes d'azote sont présentes :

- **L'azote ammoniacal**

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH_3 et l'ammonium NH_4^+ , dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température. L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner l'azote ammoniacal ; en milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates; ce qui induit une consommation d'oxygène (**Tarmoul, 2007**).

- **Les nitrites**

Les ions nitrites (NO_2^-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions de nitrates (NO_3^-). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites c'est la nitratisation (**Rodier et al., 2009**).

- **Les nitrates**

Chapitre I

La phase finale de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau c'est les nitrates. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

j. Les phosphates

Les phosphates sont les oxydes de phosphore les plus connus. Le phosphore est naturellement présent qu'en très faible quantité dans le sol et dans les eaux. Une concentration importante de phosphates peut entraîner la prolifération des algues qui est un élément nutritif pour les végétaux. Or, les algues sont responsables de l'eutrophisation des eaux stagnantes. Ce phénomène d'eutrophisation est alors plus ou moins important selon la teneur en phosphates dans les eaux usées (Meudal, 2022). On peut trouver le phosphate dans les excréments, les engrais, les lessives, les champoings et les détergents ménagers.

IV. Pollution des eaux

Pollution de l'eau, on étend un changement de la qualité de l'eau ayant des effets néfastes et peut-être nocifs sur les êtres vivants qui entrent avec l'eau. La pollution de l'eau est l'une des principales causes pouvant conduire à la rareté physique de l'eau.

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels (Hamimed et Idder, 2018).

IV.1 L'origine et facteurs de pollution des eaux

L'origine de la pollution des eaux peut être naturelle ou anthropique (Laurent, 2013). Les principaux facteurs qui contrôlent la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux sont les activités anthropiques, le contexte hydrogéologique et le climat (Werf, 1996).

IV.2 Les types de la pollution de l'eau

IV.2.1 la pollution physique

Chapitre I

Une pollution de nature physique peut-être devisé en trois principaux ordres :

➤ **La pollution mécanique**

Une pollution mécanique est due à une charge importante des eaux en éléments en suspension (particules de charbon, d'amiante, de silice, de sable, de limon, etc...)

Provenant d'effluents industriels ou d'eaux usées de carrières, ou de chantiers divers

(Tchatcho, 2004).

➤ **La pollution thermique**

Une pollution thermique quant à elle est causée par le rejet d'eaux chaudes provenant des centrales électriques ou nucléaires, des sources thermales. A côté de leur influence directe sur les biocénoses, elles ont pour effets indirects:

- Une baisse sensible de la teneur en oxygène dissous surtout si le milieu aquatique est chargé de matières organiques (**Tuffery, 1980**).
- Une augmentation de la toxicité de certaines substances. Ainsi, la toxicité du cyanure de potassium est multipliée par deux pour un accroissement thermique de 10°C (**Tuffery, 1980**).
- Une réduction de la résistance des animaux et une multiplication des agents pathogènes
(**Tchatcho, 2004**).

➤ **La pollution radioactive**

La pollution des eaux par des substances radioactive pose un problème de plus en plus grave, à un effet direct sur les peuplements aquatiques en raison de la toxicité propre de ses éléments et des propriétés cancérigènes et mutagènes de ses rayonnements (**Marcel, 1974**).

IV.2.2 La pollution chimique

Substances minérales ou organiques extraites, synthétisées et rejetées par ou pour les activités humaines (industrielle, domestique et agricole). On peut diviser la pollution chimique dans deux groupes :

- ✓ Organique (hydrocarbures, pesticides, détergents..).
- ✓ Minérale (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

Chapitre I

a) La pollution organique

La pollution organique est provoquée par les polluants carbonés, comme la matière organique (lisier, boues d'épuration, etc.), les organochlorés (DDT) ou encore les polychlorobiphényles (PCB).

Dans le cas de la matière organique, les polluants peuvent augmenter la turbidité des eaux et créer un phénomène d'eutrophisation avec une diminution de la quantité d'oxygène dissous. Ces modifications

environnementales ont de profondes conséquences sur les populations d'un milieu (disparition de certaines espèces, augmentation des maladies (dioxines)).

✓ Les détergents

La pollution de l'eau par les détergents est une grande préoccupation dans le contexte mondial. De nombreux détergents à lessive contiennent environ 35 à 75 pour cent de sels de phosphate qui peuvent causer divers problèmes de pollution de l'eau par exemple :

- La biodégradation des substances organiques.
- L'eutrophisation prive l'eau de l'oxygène disponible, provoquant la mort d'autres organismes.
- L'étouffement du plan d'eau par les algues et d'autres plantes.

✓ Les pesticides

Généralement la principale cause de la pollution des eaux par les pesticides est l'agriculture intensive. Une grande part de la pollution des eaux par les pesticides est due aux caractéristiques chimiques et physiques intrinsèques aux molécules elles-mêmes. Ainsi, certains pesticides disposent d'une très grande persistance dans les sols et l'eau. On sait la présence des pesticides dans l'eau entraîne des dégradations et des modifications des écosystèmes aquatiques. Et cela se produit même lorsque la concentration des substances reste inférieure aux taux réglementaires (Veillerette et al., 2019). Les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants :

- Rémanence et stabilité chimique conduisant à une accumulation

Chapitre I

dans les chaînes alimentaires.

- Rupture de l'équilibre naturel.

✓ Les hydrocarbures

Les hydrocarbures sont des molécules formées d'une association d'atomes de carbone et d'hydrogène ayant une formule générale (C_x, H_y). Les hydrocarbures sont groupés selon leur composition chimique en trois grandes classes à savoir :

- les hydrocarbures saturés et insaturés non aromatiques.
- les hydrocarbures aromatiques.
- les hydrocarbures lourds.

Ces trois classes sont présentes aussi bien pour les hydrocarbures d'origine biogène et pétrolière (**Chalghmi, 2015**).

Les hydrocarbures Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, leur densité inférieure à l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère (**Chalghmi, 2015**).

b) La pollution minérale

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Le polluant minéral ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs (**Mayet, 1994**).

✓ Les métaux lourds

Les éléments métalliques et leurs dérivés organiques (métalloïdes) sont pour certains très dangereux parce que potentiellement toxiques, non-biodégradables et bioaccumulables dans les chaînes alimentaires. Ils sont principalement d'origine industrielle mais pas seulement (rejets atmosphériques des incinérateurs de déchets, ...). Si, à doses infimes, certains métaux constituent des oligo-éléments indispensables à un bon état de la santé humaine, à partir de certaines doses plus importantes ils deviennent directement toxiques. On retrouve les métaux dans les eaux sous formes ioniques libres ou incorporés dans des structures moléculaires ou des complexes organiques ou inorganiques, ainsi pour le même métal certaines formes peuvent être beaucoup plus toxiques que d'autres. Les métaux lourds

Chapitre I

sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn)..... (**Devaux, 2004**).

✓ Les éléments minéraux nutritifs

L'eau affiche des teneurs parfois élevées en élément minéraux. La présence de certains éléments nutritifs (Potassium, Nitrates et phosphates.....) dans les eaux usées à partir de certaines doses importantes ils deviennent des conséquences ou des impacts négatifs et nocifs sur la santé humaine et la qualité des eaux Superficielles (l'eutrophisation des milieux aquatiques par exemple).

Chapitre II

Les procédés d'épuration des eaux usées

Chapitre II : Les procédés d'épuration des eaux usées

1-Présentation d'un système d'épuration :

L'épuration des eaux, est un ensemble des techniques, consistant à purifier l'eau, soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable. Les stations d'épurations constituent une autre voie d'élimination des eaux usées, dans la mesure où celles-ci y subissent toute une batterie de traitements avant leur déversement dans le milieu naturel (**Brière, 1994**). La filière de traitement met en œuvre les techniques les plus actuelles pour assurer l'élimination au meilleur niveau des matières organiques, ainsi que des différentes formes de l'azote et du phosphore.

- le prétraitement a pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers. Il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage).
- Traitement primaire est une épuration physico-chimique pour l'élimination de la pollution colloïdale.
- traitement secondaire c'est l'épuration biologique pour l'élimination de la pollution dissoute et biodégradable.
- traitement tertiaire pour l'amélioration de l'élimination de l'azote, phosphore, les mauvaises odeurs.

2-Les techniques d'épuration des eaux usées :

2-1-Prétraitement

Cette étape prépare les eaux usées au traitement primaire. Son rôle est de réduire une grande partie de la pollution (le plus souvent non dissoute) par simples procédés physique et mécaniques. S'il s'agit de déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage) (**Badia et Gondard, 2003**).

➤ **Dégrillage**

Au cours du dégrillage les eaux usées passent à travers d'une grille dont les barreaux retiennent les matières les plus volumineuses telles que les plastiques, les branches...etc. c'est-à-dire les déchets ne pouvant pas être éliminés par un traitement biologique ou physico-chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement. Le tamisage peut compléter cette phase de prétraitement. L'eau usée passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de

Chapitre II : Les procédés d'épuration des eaux usées

plus en plus serrées. Généralement il possède de systèmes automatiques de nettoyage pour éviter le colmatage.

- dégrillage grossier : possède une première grille qui permet l'élimination des matières de diamètre supérieur à 50 mm.
- Un dégrillage fin : après le relevage de l'eau par quatre pompes ($1250\text{m}^3 / \text{h}$ pour chacune), il passe par deux grilles à câble composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux est de 20mm , la vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre $0,6$ et 1 m/s (**Legube, 1996**).

➤ Dessablage

Le dessablage consiste en l'élimination des sables présents dans l'effluent brute pour éviter leur dépôt dans les canalisations induisant leur bouchage et permet de réduire la production des boues et d'éviter de perturber les autres étapes de traitement, en particulier, le réacteur biologique (**Satin et al., 2010**).

➤ Déshuilage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide –liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre de figer les graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient par la suite (**Dégréement, 1989**).

2-2 Traitement primaire

Enlèvement des solides organiques et inorganiques sédimentables ainsi que les matériaux flottants (**FAO, 2003**). Sont des procédés physiques ou physico-chimiques.

➤ La décantation

C'est l'enlèvement des matières en suspension par sédimentation, en utilisant uniquement les forces de gravité.

Chapitre II : Les procédés d'épuration des eaux usées

➤ La décantation primaire

Permet d'alléger les traitements biologiques ou chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des particules solides en suspension de diamètre inférieur à 0,2mm. On fait circuler l'eau lentement dans un bassin où on racle et aspire périodiquement les particules rassemblées au fond. L'efficacité de ce traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle. La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1,2 m³ /h, 40 à 60 % de MES, soit 10 à 30 % des virus, 50 à 90 % des helminthes et moins de 50 % des kystes de protozoaires (Faby et Brissaud, 1997).

➤ La décantation secondaire

C'est la clarification, elle intervient après la décantation primaire, afin d'éliminer les floccs issus de ces derniers. Lors des phases de décantation, l'élimination des microorganismes et des micropolluants se fait principalement par décantation de MES (sur lesquelles ils sont adsorbés) (Faby et Brissaud, 1997).

➤ La Flottation

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient (Vilaginés, 2010). Ce traitement élimine 50 à 55% des matières en suspension et réduit d'environ 30% de la DBO₅ et de la DCO (Vilaginés, 2000).

2-3 Traitement secondaire

Ce sont des procédés biologiques c'est la consommation de la matière organique contenue dans les eaux usées et d'une partie des matières nutritives (azote et phosphore) par des microorganismes

▪ Le traitement par boues activées

Il s'agit de l'injection des boues chargées en bactéries dans un réacteur qui contient les eaux usées. Les bactéries consomment la matière organique et contribuent à l'élimination de l'azote et du phosphate. A la sortie du réacteur, l'effluent passe dans un clarificateur.

Chapitre II : Les procédés d'épuration des eaux usées

La boue décantée est séparée en deux flux : l'un rejoint le réacteur (ensemencement) et l'autre est évacué vers la filière des boues. L'action des bactéries dans le réacteur nécessite de l'oxygène. Un traitement par boues activées élimine :

- 90 % des bactéries entériques.
- 80 à 99 % des entérovirus et des rotavirus.
- 90% de Giardia et de Cryptosporidium.

L'élimination a lieu grâce à la sédimentation de MES, la compétition avec les micro-organismes non pathogènes et la température. La part la plus importante est due à la sédimentation (**Asano, 1998**).

▪ L'épuration sur lit bactériens

C'est le plus ancien procédé biologique utilisé. Des bactéries sont cultivées sur un substrat neutre de la pierre concassée de la pouzzolane (sable volcanique), du mâchefer ou du plastique, sur lequel on fait passer l'effluent. La difficulté consiste à trouver la bonne vitesse du flux d'eau, qui ne doit pas être trop rapide ni trop lent. Une épuration sur lit bactérien est plus efficace qu'un traitement à boues activées car elle élimine non seulement les virus et les bactéries (respectivement 30 à 40 % et 50 à 95 %) mais aussi les œufs d'helminthes (20 à 90%) et les kystes de protozoaires (83 à 99 % des kystes d'*Entamoeba histolytica*) (**Belgiorno et al., 2007**).

▪ Le traitement anaérobie

Dans ce traitement on utilise essentiellement la fosse Imhof ou la fosse à double étage, qui consiste en une consommation des matières organiques par les microorganismes présents dans l'eau en absence d'air. Ce procédé est de moins en moins utilisé car il est difficile à conduire et son mauvais fonctionnement peut avoir de graves inconvénients (odeurs nauséabondes, risques d'explosion, etc.). En outre les quantités des gaz produites sont trop faibles pour qu'on puisse penser à les récupérer (**Jaroz, 1985**).

2-4 Traitement tertiaire

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation les eaux usées épurées (REUE), les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les

Chapitre II : Les procédés d'épuration des eaux usées

microorganismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements d'épuration « classiques » (mis à part le lagunage) ; par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable (Edline, 1996).

▪ **Traitement bactériologique par rayonnement UV**

Il est utilisé des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque particulièrement aux microorganismes. Cette opération est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques.

▪ **Traitement par voie physico-chimique**

Ce fait par un ou plusieurs des processus suivants :

- ✓ Désinfection par le chlore ou l'ozone (pour éliminer les germes pathogènes).
- ✓ Neutralisation des métaux en solution dans l'eau.

▪ **Traitement des odeurs**

Les phases président du traitement, sont généralement confinées dans des bâtiments plus ou moins étanches afin que les mauvaises odeurs ne se répandent pas dans l'environnement de la station. Ce qui provoquerait des nuisances olfactives inacceptables par les riverains. Cet air nauséabond est collecté et traité. Il passe par :

- ✓ une d'acide sulfurique (H_2SO_4)
- ✓ une de Javel
- ✓ une de soude (Allouche et al., 1999)

▪ **Elimination de l'azote**

Les stations d'épuration classique, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présent dans eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place. L'élimination de l'azote est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de « nitrification-dénitrification ». Les procédés physique et physico-chimiques d'élimination de l'azote (électrodialyse, résines échangeuses d'ions) ne sont pas utilisés dans

Chapitre II : Les procédés d'épuration des eaux usées

le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de cout (Beachac et *al.*, 1987).

- **Elimination du phosphore**

Le phosphore touche deux problèmes majeurs ; c'est une ressource naturelle en épuisement et une source de pollution environnementale sévère (eutrophisation etc.). Afin de réduire l'impact du phosphore sur l'environnement et précisément sur le système aquatique, plusieurs technologies d'élimination de phosphore des eaux usées ont été développées. Parmi les technologies les plus connues et les plus utilisées, on trouve l'élimination par voie chimique et l'élimination par voie biologique ("Enhanced biological phosphorus removal", EBPR), Pour assurer des meilleurs résultats et des concentrations faibles de phosphore a l'effluent, les deux technologies peuvent être combinées (Daneshgar et *al.*, 2018).

Chapitre III

Chapitre III

Matériel et méthodes

IV.1 Présentation de la station d'épuration

- ❖ Nom de station : STEP de Bordj Bou Arreridj.
- ❖ Wilaya et la commune : Bordj Bou Arreridj.
- ❖ Localisée au sud de la ville.
- ❖ Une surface de 42750 m².
- ❖ Mise en service en mai 2002 et inaugurée par l'ancien président algérien le 17 octobre 2003.
- ❖ La capacité de la station 150.000 équivalent -habitantes, un débit journalier de 30.000 m³/j.
- ❖ Procédé de traitement : boue activée à faible charge.
- ❖ Milieu récepteur est oued k'sob.

IV.2 Prélèvement et transport des échantillons

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate, l'échantillon doit être manipulé de manière à assurer sa composition ne soit pas modifiée pendant le transport et toutes les précautions possibles doivent être prises afin d'éliminer la contamination.

Le prélèvement doit être effectué dans des flacons en stérilisé dans un autoclave à une température de 120 °C pour éviter tout type de contamination, ou dans des flacons en plastique préalablement bien lavés et rincés par l'eau à analyser.

Au cours de notre étude, le prélèvement a été réalisé en 2 points de la STEP :

- La première est à l'entrée (l'eau brute).
- La deuxième à la sortie (l'eau épurée).

IV.3 Les analyses physico-chimiques

L'objectif principal de ce travail est de faire des analyses physico-chimiques des eaux usées de la station d'épuration Bordj Bou Arreridj pendant 2 mois (mars et avril) cela pour contrôler l'efficacité de la station.

1) La température

La température a été mesurée à l'aide d'un thermomètre au laboratoire. On prend directement la valeur affichée, la température exprimée en degré Celsius (°C).

Chapitre III

2) Le Potentiel d'hydrogène

Principe

La mesure du pH est effectuée à l'aide d'un pH mètre, C'est la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant de même solution. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺ (**Rodier et al., 2009**).

Mode opératoire

- ✓ Etalonnage de l'appareil.
- ✓ L'eau à examiner sera amenée au contact de l'électrode dans un bécher.
- ✓ La lecture des résultats est faite après stabilisation de la valeur affichée du pH

3) La conductivité électrique

Principe

La mesure de la CE permet d'évaluer rapidement mais approximativement la minéralisation globale de l'eau (**AFNOR, 1994**). La mesure est déterminée à l'aide d'un conductimètre électrique.

Mode opératoire

- ✓ Etalonnage de l'appareil.
- ✓ Introduire un volume de l'eau à examiner dans un bécher.

La lecture des résultats est faite après stabilisation de la valeur affichée de la CE, sont exprimés en $\mu\text{S}/\text{cm}$

Chapitre III

4) La Matière en suspension principe

Les matières en suspension sont obtenues soit par filtration des effluents peu chargés, soit par centrifugation des solutions, séchage jusqu'à l'évaporation total d'eau (**Rodier et al., 2009**). La mesure de MES déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre, elle été exprimé en mg/l.

Mode opératoire

- ✓ Etalonnage de l'appareil.
- ✓ Programme : le numéro pour MES mémorisé est 630 et la longueur d'onde a 810nm.
- ✓ On Introduit dans une cuvette 25 ml de l'eau distillée (le blanc) pour permet la lecture.
- ✓ Dans une autre cuvette, on introduit 25 ml d'échantillon (l'eau épurée ou usée).
- ✓ On place le blanc dans le spectrophotomètre, l'afficheur indique 0mg/l.
- ✓ Après, on place la préparation d'échantillon (l'eau épurée ou usée) dans le spectrophotomètre et l'afficheur indique les résultats de MES.

5) Oxygène dissous

(Principe

Est un composé essentiel de l'eau car il conditionne les réactions biologique qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La détermination d'oxygène dissous effectué à l'aide d'un oxymètre.

Mode opératoire

- ✓ Allumer l'appareil oxymètre.
- ✓ Lavés et rinces bien l'électrode de l'appareil avec l'eau distillée.
- ✓ Dans un bécher verser l'échantillon (l'eau épurée ou usée).
- ✓ entrer l'électrode dans un bécher, les résultats sont affichée sur l'afficheur de l'oxymètre.

6) La demande biochimique en oxygène

Principe

La détermination de la DBO₅ consiste à mesurer la consommation d'oxygène par voie biologique à une température constante égale à 20°C, pendant un temps limité, par convention 5 jours (**Ouali, 2001**). La détermination de la DBO effectué à l'aide d'un appareil DBO mètre.

Mode opératoire

- ✓ Etalonnage de l'appareil, la gamme 700 pour l'eau brute et 350 pour l'eau épurée.
- ✓ Dans deux flacon brun en verre amené à un barreau magnétique, ont préparé les

Chapitre III

échantillons de : - 95ml d'eau brute (l'entrée)
- 160 ml d'eau épurée (sortie)

- ✓ Poser un agitateur puis ajouter une base de NaOH ou KOH (de préférence hydroxyde de Lithium qui absorbe le CO₂ dégagé pendant de l'oxydation).
- ✓ Fermer bien les flacons et on place dans l'appareil de la DBO mètre et incube les échantillons à 20c° pendant 5 jours.

7) La demande chimique en oxygène

Principe

La DCO consiste à mesurer la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières oxydables présentes dans l'eau (d'origine organique ou minérale, biodégradables ou non) pendant 2 heures à l'ébullition (150°C) (**Ouali, 2001**). La DCO est mesurée par voie photométrique.

Selon (**Lesavre, 2007**), Oxydation à chaud (150 C°), pendant 2h en milieu acide, en présence d'un excès d'oxydant. On évalue la quantité d'oxygène (en mg /l), utilisée par les réactions d'oxydation en déterminant la quantité d'oxydant résiduelle.

Mode opératoire

- ✓ Etalonnage de l'appareil, la gamme élevée (0-1500 ppm) pour l'eau brute et la gamme basse (0-150ppm) pour l'eau épurée.
- ✓ Prélever 2ml de l'eau distillée (le blanc) dans un tube de réactif DCO.
- ✓ Prélever 2 ml d'échantillon (l'eau brute et l'eau épurée) dans un tube de réactifs à DCO (à l'aide d'une pipette jaugée 2ml).
- ✓ fermer et les mélanger l'échantillon et le blanc et placer dans le réacteur DCO chauffé 2h à 150c°.
- ✓ Puis, laisse refroidir et lire les résultats de la DCO à l'aide d'un photomètre ou spectrophotomètre, les valeurs s'affichent en mg/l.

8) Le Phosphore Total

Principe

C'est la mesure de quantité de phosphore total (PO₄³⁻) présente dans l'eau brute (l'entrée) et épurée (sortie) à l'aide de la méthode phosVer3 avec digestion au persulfate.

Mode opératoire

- ✓ Etalonnage de l'appareille.
- ✓ Préparation du blanc : dans un tube de phosphore total prélever 2ml de l'eau distillée + 2ml d'acide sulfurique + une pochette de réactif persulfate potassium et

Chapitre III

mélanger.

- ✓ Préparation de l'échantillon : dans un tube de phosphore total prélever 2ml de l'eau brute + 2ml d'acide sulfuriques + 2ml pochettes de réactif persulfate potassium et mélanger.
- ✓ la même préparation pour l'eau épurée.
- ✓ On Place les 3 tubes dans l'étuve à température de 105°C pendant 30min jusqu'à le réchauffement.
- ✓ Après laisser refroidir et ajouter 2ml d'hydroxyde de sodium, puis ajouter 3 pochettes de réactif (Phos Ver3) et laissés 2min.
- ✓ finalement les résultats de phosphore total s'affichent à l'aide d'un spectrophotomètre en mg/l.

9) L'azote ammoniacal

Principe

C'est la mesure de quantité d'azote ammoniacal présente dans l'eau brute(entrée) et épurée(sortie) par méthode filtration.

Mode opératoire

- ✓ Etalonnage de l'appareille.
- ✓ Préparation du blanc : prélever 10ml l'eau désionisée + une pochette de réactif de Salicylate + une pochette de cyanurate.
- ✓ Préparation de l'échantillon : prélever 10ml d'eau brute + une pochette de Salicylate appuyé sur (Shift5) de l'appareil pendant 3min + une pochette de cyanurate, appuyé sur (Shift5) pendant 15min.
- ✓ La même préparation pour l'eau épurée.
- ✓ La lecture des résultats s'affichent à l'aide d'un spectrophotomètre.

Remarque : La coloration verte traduit la présence d'ammoniac .

10) Les nitrites

Principe

C'est la mesure de quantité de nitrite présente dans l'eau brute et épurée, sont mesurée par la méthode colorimétrique pour la gamme (0 à 0,3mg/l) à l'aide d'un spectrophotomètre. L'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 507 nm (**AFNOR ,1994**)

Mode opératoire

- ✓ Etalonnage de l'appareille.

Chapitre III

- ✓ Préparation du blanc : prélever 10ml l'eau distillée.
- ✓ Préparation de l'échantillon : 10ml d'eau brute et épurée +2 pochettes de réactif NitriVer3.
- ✓ Agiter et laisser au repos pendant 20 min pour le déroulement total des réactions.
- ✓ La lecture des résultats être au niveau d'un spectrophotomètre.

Remarque : La coloration rose traduit la présence de nitrite .

11) Les nitrates

Principe

C'est la mesure de quantité de nitrate présente dans l'eau brute et épurée par filtration, L'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 400 nm (AFNOR ,1994).

Mode opératoire

- ✓ Etalonnage de l'appareille.
- ✓ Préparation du blanc : prélever 25 ml l'eau distillée.
- ✓ Préparation de l'échantillon : 10ml d'eau brute et épurée +2 pochettes de réactif NitraVer5.
- ✓ Agiter et laisser au repos pendant 15 min pour le déroulement total des réactions.
- ✓ La lecture des résultats être au niveau d'un spectrophotomètre.

Remarque : La coloration jaune traduit la présence de nitrate.

V. Résultats et discussion

Pour cette étude, nous avons fait des analyses physico-chimiques pour des échantillons d'eau prélevés au niveau de la STEP Bordj Bou Arreridj pendant 2 mois (mars et avril).

1. La température

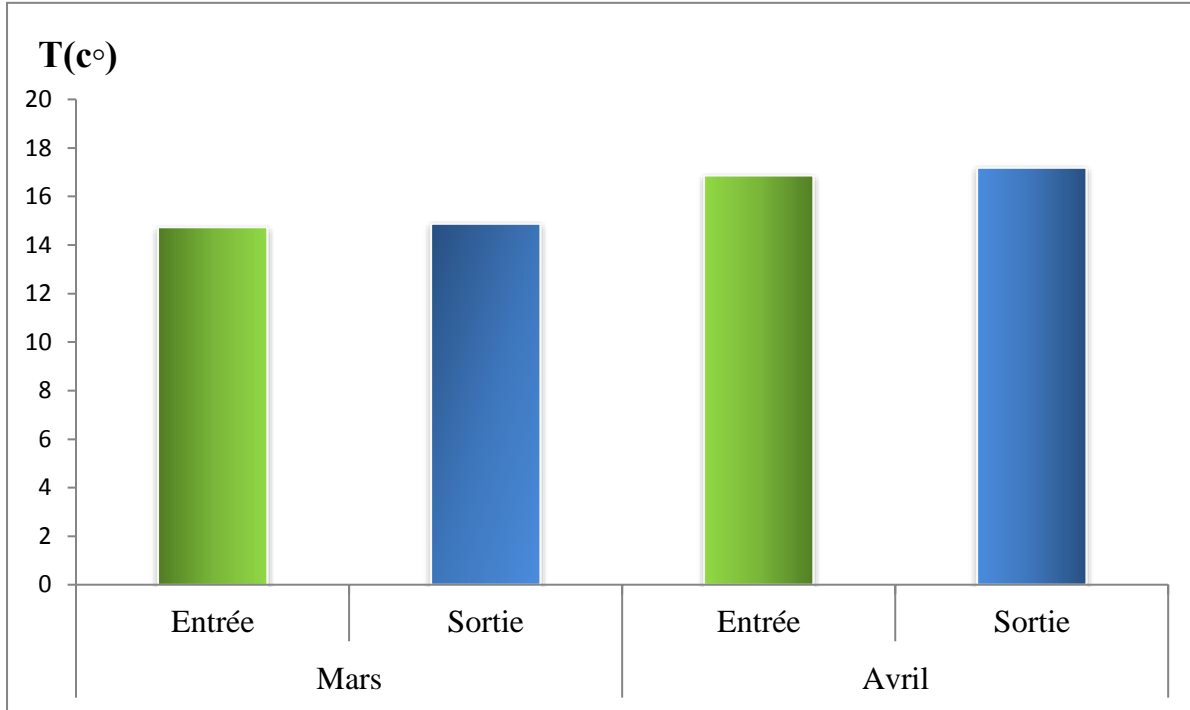


Figure 4: Variation de la température de l'eau brute et l'eau épurée.

La valeur de la température de l'eau brute enregistrée pendant le mois d'avril est 16,86 °C et celle du mois mars est 14,73 °C. Pendant le mois d'avril la température de l'eau épurée enregistrée 17,18 °C est plus élevée que celle du mois de mars 14,87 °C (**Figure 4**). Les températures de l'eau traitée sont supérieures à celles enregistrées au niveau des eaux brutes. Ces valeurs varient en fonction de l'heure de prélèvement et des conditions météorologiques. L'augmentation de la température au cours du temps (de Mars à Avril) est influencée par la température de l'air. Ces degrés de températures enregistrées ne favorisent pas le développement des bactéries mésophiles par conséquent contribuent à la réduction de la pollution microbologique. Elles jouent un rôle important aussi dans la dégradation de la matière organique par oxydation et minéralisation (**Rodier et al., 2009**).

Selon l'OMS, la température est inférieure de 30°C, donc les valeurs des températures de notre STEP sont conformes aux normes (**Annexe 1**).

Chapitre III

2. Le Potentiel d'Hydrogène

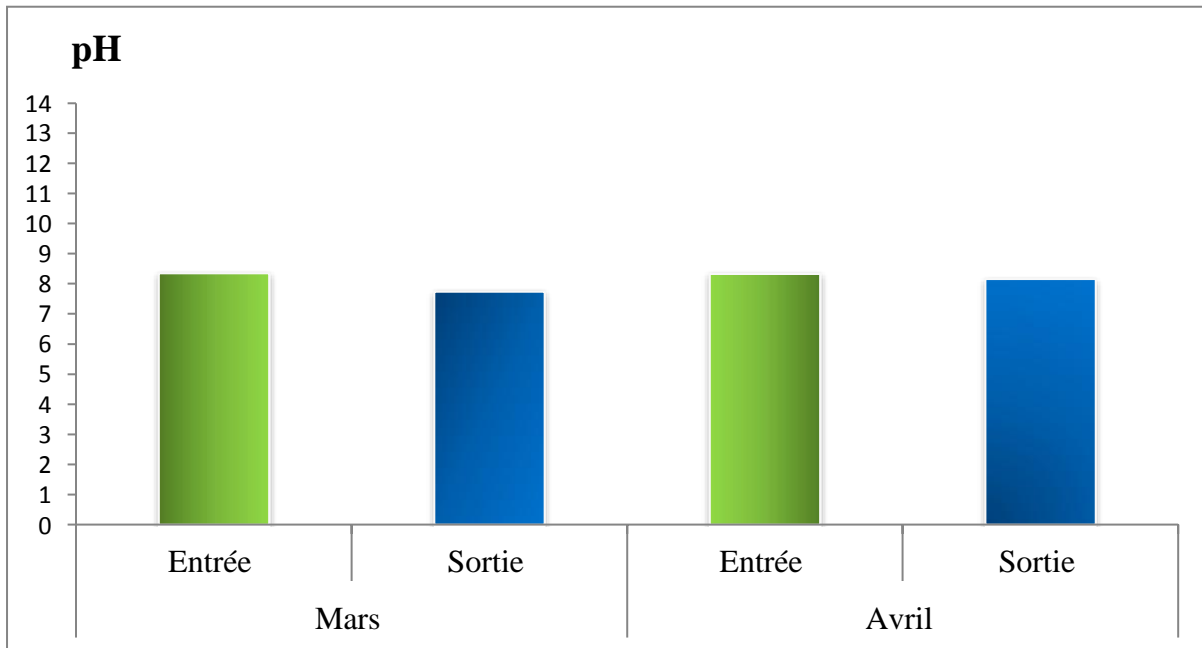


Figure 5 : Variation du pH de l'eau brute et l'eau épurée.

La valeur de pH de l'eau brute enregistrée pendant le mois mars est 8,35mg/l et celle du mois d'avril est 8,33mg/l. Pendant le mois mars le pH de l'eau épurée enregistrée 7,74mg/l est inférieur que celui du mois d'avril 8,16 mg/l (**Figure 5**). Les valeurs de pH de l'eau traitée sont inférieures à celles enregistrées au niveau des eaux brutes. Ces valeurs de pH enregistrés caractérisent les eaux résiduaires dont le pH est souvent entre 7,5 et 8,5 très favorable pour la prolifération des bactéries qui contribuent à l'épuration de l'eau (refs).

Les valeurs de pH de l'eau épurée enregistrée favorise l'efficacité des engrais et permet une réduction de concentration appliqué. Les valeurs pH des eaux utilisée pour l'irrigation des cultures devrait comprise entre 6 et 7 car à ces valeurs la solubilité de la plupart des microéléments est optimale (**Peterson, 1999**).

Selon l'OMS, les valeurs de pH compris entre 6,5-9 mg/l, le pH de notre STEP oscillant entre 7,74 et 8,35mg/l ce qui indique que ces valeurs de pH de la station est approchant de neutralité donc sont conformes avec les normes (**Annexe 1**).

3. La conductivité électrique

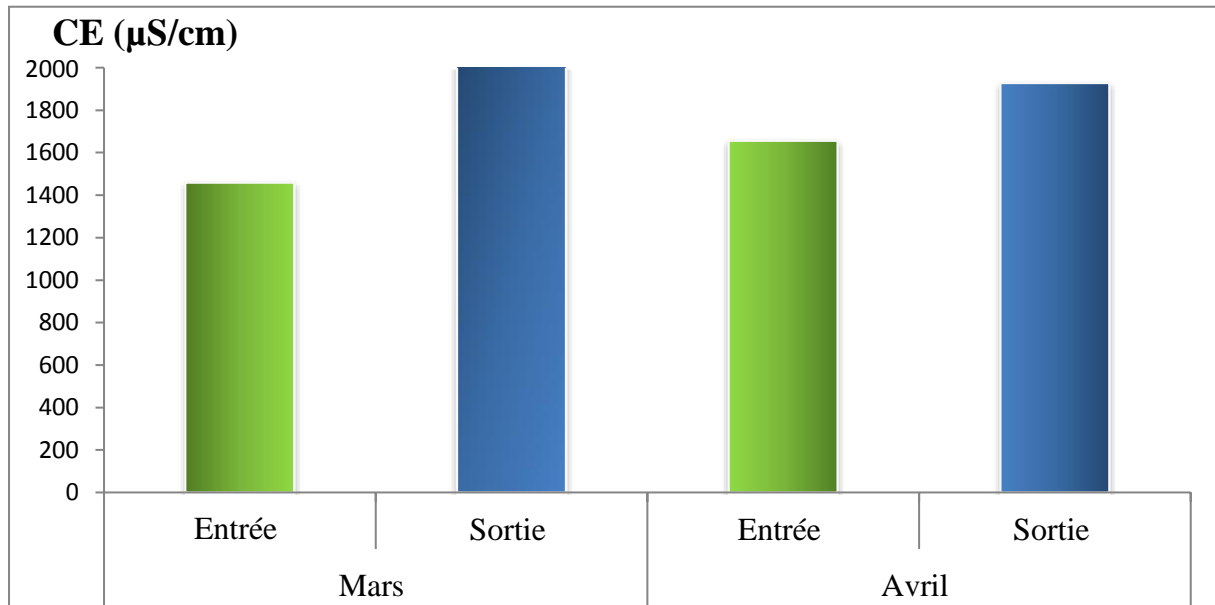


Figure 6: Variation de la conductivité électrique de l'eau brute et l'eau épurée.

La valeur de conductivité électrique de l'eau brute enregistrée pendant le mois d'avril est 1655 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et celle du mois mars est 1458 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Pendant le mois mars la CE de l'eau épurée enregistrée 2078 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est plus élevée que celle du mois d'avril 1927 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Figure 6**).

Les valeurs de la CE de l'eau traitée sont supérieures à celles enregistrées au niveau des eaux brutes. La mesure de la conductivité fournit une indication de la concentration ionique et apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. Il dépend de la température, de la concentration et types d'ions présents (**HCEFLCD, 2006**). Une CE supérieure à 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ fait considérer une eau comme difficilement utilisable en irrigation. Pratiquement ces valeurs de CE enregistrées sont au-dessus de la norme de l'OMS (2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (**Annexe 1**).

Chapitre III

4. La Matière en Suspension

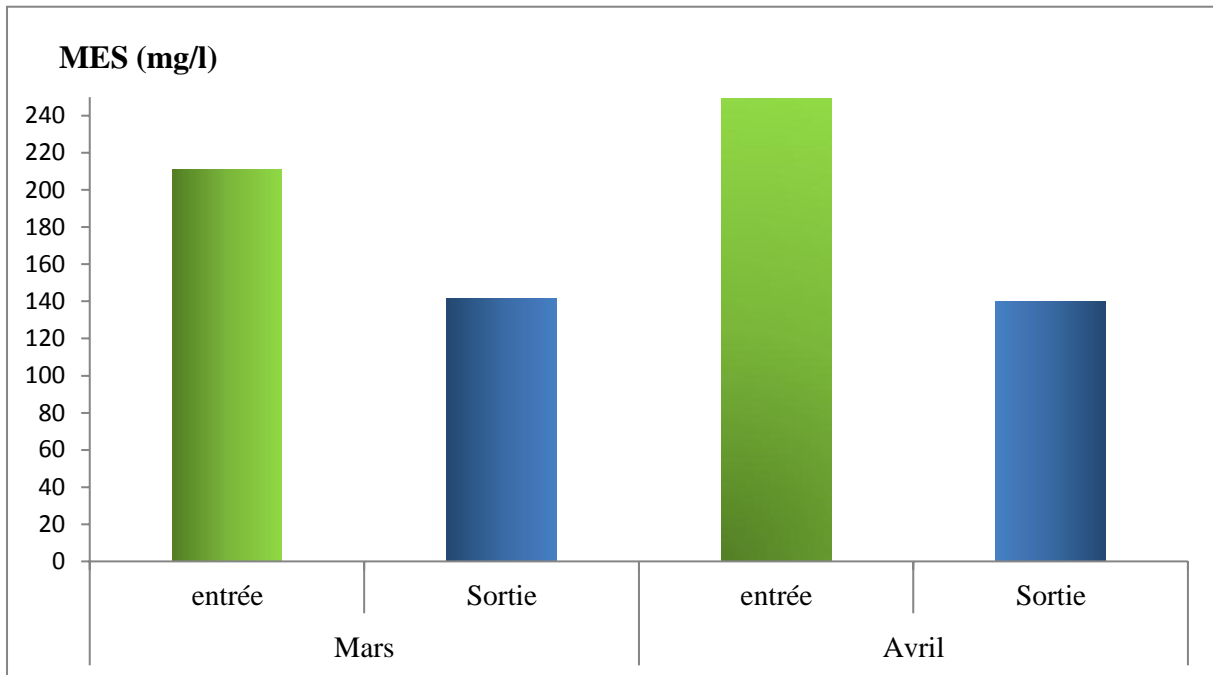


Figure 7 : Variation de MES de l'eau brute et l'eau épurée.

La valeur de MES de l'eau brute notée pendant le mois d'avril est 249,40mg/l et celle du mois mars est 210,88 mg/l. Pendant le mois d'avril les MES de l'eau épurée enregistrée 139,90 mg/l sont plus faible que celle du mois de mars 141,69 mg/l (**Figure 7**). Ces résultats montrent l'inefficacité des procédés de décantation de la station d'épuration. Selon l'OMS, la matière en suspension est inférieure de 30 mg/l (<30 mg/l). Les résultats de notre STEP est entre 139 et 141mg/l, ces valeurs sont trop élevés par rapport aux normes (**Annexe 1**).

La plus part des bactéries pathogènes dans les eaux usées sont transportées par les MES. Cette dernière donne également à l'eau une apparence trouble et une mauvaise odeur.

5. Oxygène dissous

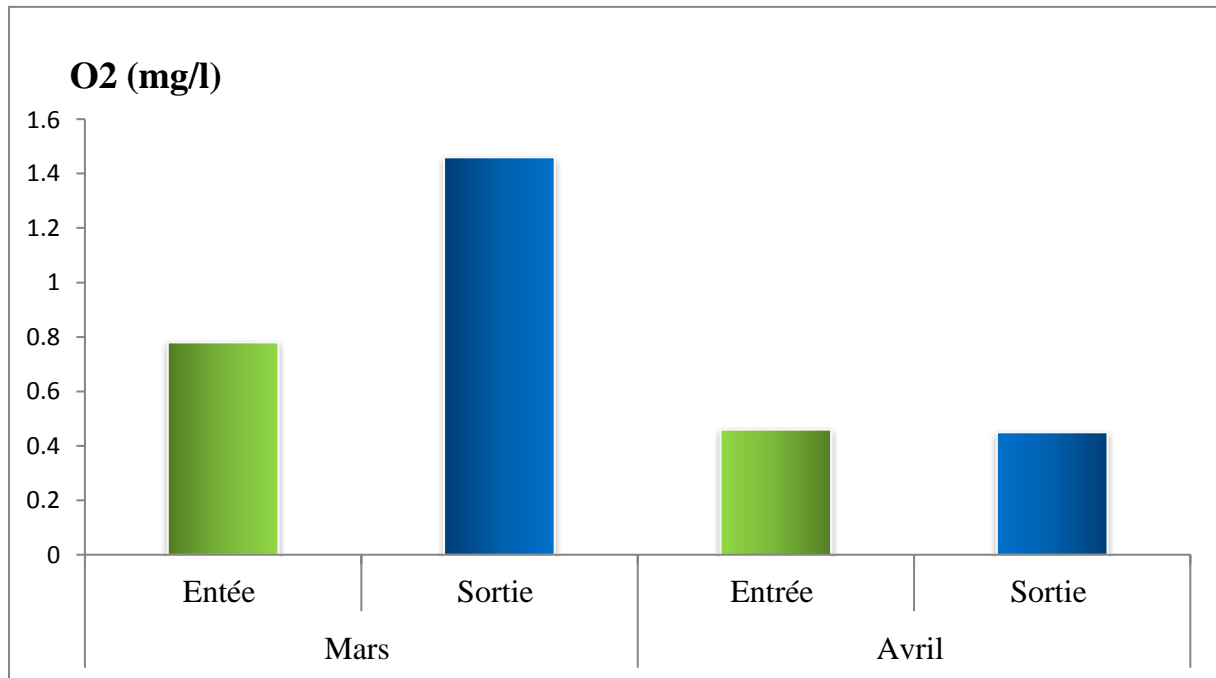


Figure 8 : Variation de l'O₂ dissous de l'eau brute et l'eau épurée.

La valeur de l'O₂ dissous de l'eau brute enregistré pendant le mois mars est 0,78 mg/l et celle du mois d'avril est 0,46 mg/l. Pendant le mois mars l'O₂ de l'eau épurée enregistrée 1,46 mg/l et plus élevée que celle du mois d'avril 0,45 mg/l (**Figure 8**).

La concentration en oxygène dissous d'une eau varie en fonction de plusieurs facteurs tels que la température, la pression atmosphérique et la salinité (**Rhallabi, 1990**). La faible quantité d'O₂ dissous de l'eau traitée enregistrée ne s'agit pas d'un signe d'une bonne aération des eaux au niveau du bassin nécessaire pour le développement des microorganismes qui participent à la dégradation biochimique et chimique des substances (**Bliefert et Perraud, 2001**). Selon l'OMS, les valeurs de l'O₂ dissous est inférieure de 12,3 mg/l (<12,3mg/l), les résultats de notre station est entre 0,45-1,45mg/l donc ce conformes aux normes (**Annexe 1**).

6. La demande biochimique en oxygène

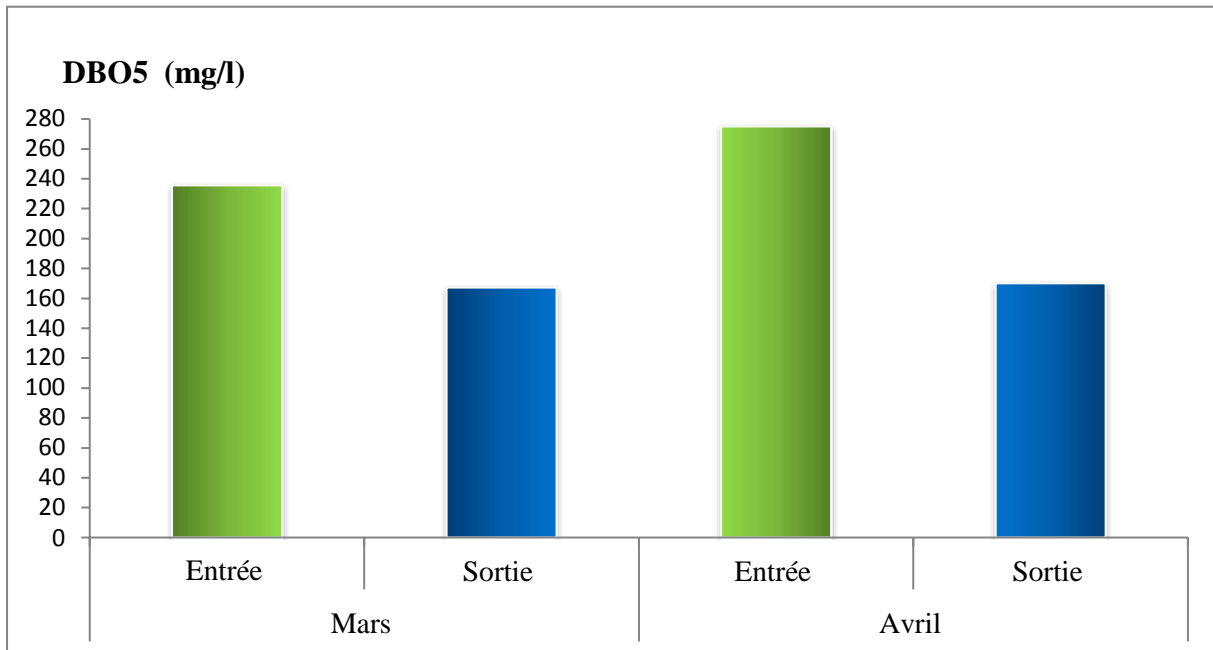


Figure 9 : Variation de la DBO₅ de l'eau brute et l'eau épurée.

La valeur de DBO₅ de l'eau brute enregistré pendant le mois d'avril 275 mg/l est plus élevée par rapport à celle enregistrée en mars 235,17 mg/l. Pendant le mois mars la DBO₅ de l'eau épurée enregistrée 167,17 mg/l est presque la même du mois d'avril et 170 mg/l (**Figure 9**).

Les valeurs de l'eau traitée sont inférieures à celle enregistrée au niveau des eaux brutes. Ces valeurs de la DBO₅ expriment la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques présentes par les microorganismes (**Xanthoulis, 1993**). Selon l'OMS, les valeurs de la DBO₅ est inférieure de 30 mg/l (<30 mg/l). Les résultats obtenus de l'eau traitée sont supérieurs aux les normes (**Annexe 1**).

Les valeurs élevées de la concentration de la DBO₅ de l'eau traitée indique la présence d'une charge élevée en matières organiques biodégradable. Ce dépassement des normes explique une biodégradabilité incomplète, qui dû au manque d'aération au niveau de bassin biologique (**Bliefert et Perraud, 2001**).

Chapitre III

7. La demande chimique en oxygène

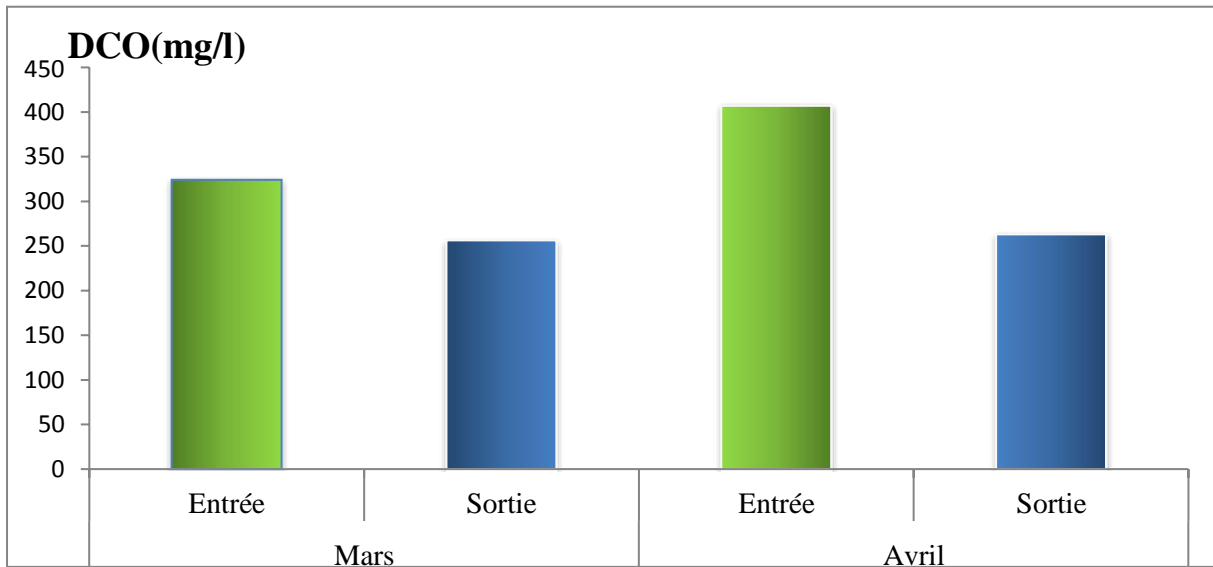


Figure 10 : Variation de la DCO de l'eau brute et l'eau épurée.

La valeur de la DCO de l'eau brute enregistrée pendant le mois d'avril est 407 mg/l et celle du mois mars 235,17 mg/l. Pendant le mois d'avril la DCO de l'eau épurée enregistrée est 263 mg/l et celle du mois mars est 256,33 mg/l (**Figure 10**).

Les valeurs de la DCO l'eau traitée sont inférieures à celle enregistrée au niveau des eaux brutes. Ces valeurs de la DCO Correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique et dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau (**Grosclaude, 1999**). C'est donc la teneur totale en matières oxydables de l'eau. Selon l'**OMS**, les valeurs de la DCO doivent être inférieure à 90 mg/l (<90 mg/l). Les résultats obtenus sont supérieurs par rapport aux normes (**Annexe 1**).

Le rapport DCO / DBO₅ donne un indice sur la provenance, l'origine de la pollution organique et la biodégradabilité. Les mesures se rapprochant de 1 du rapport DCO / DBO₅ indique une très bonne biodégradabilité (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Rapport DCO/ DBO₅ de l'eau épurée

	Mars	Avril
DCO	263	256.33
DBO ₅	167.17	170
DCO/ DBO ₅	1,57	1,50

Chapitre III

Les résultats obtenus entre 1 à 2 (**Tableau5**) en mars et avril, indique que les eaux usées provenant d'industries agroalimentaires, qui contiennent des éléments dont les bactéries, se traduisant par une DCO₅ élevée. Cela traduit donc une meilleure biodégradabilité, ce qui implique qu'un traitement biologique est parfaitement adapté pour ce type de pollution.

8. Le phosphore total

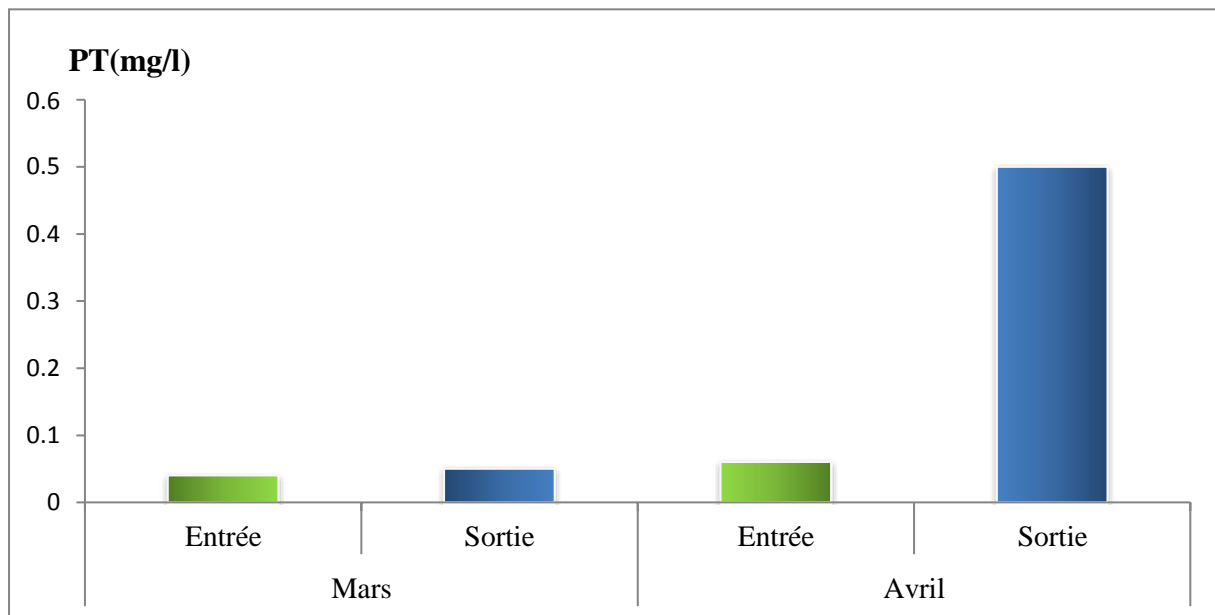


Figure 11 : Variation de PT de l'eau brute et l'eau épurée.

La valeur de phosphore total de l'eau brute enregistrée pendant le mois d'avril est 0,06 mg/l et celle du mois de mars est 0,04 mg/l. Pendant le mois d'avril le phosphore total enregistré 0,50 mg/l de l'eau épurée est élevé par rapport au mois de mars et 0,05 mg/l (Figure 11). Ces valeurs enregistrées ne favorisent pas le développement des algues et des bactéries, elles jouent un rôle d'un facteur limitant et elles peuvent servir comme engrais en irrigation (Nemry, 2016). Selon l'OMS, les valeurs de PT ne dépassant pas 2 mg/l (<2 mg/l). Nos résultats sont conformes aux normes (Annexe 1).

9. Azote ammoniacal

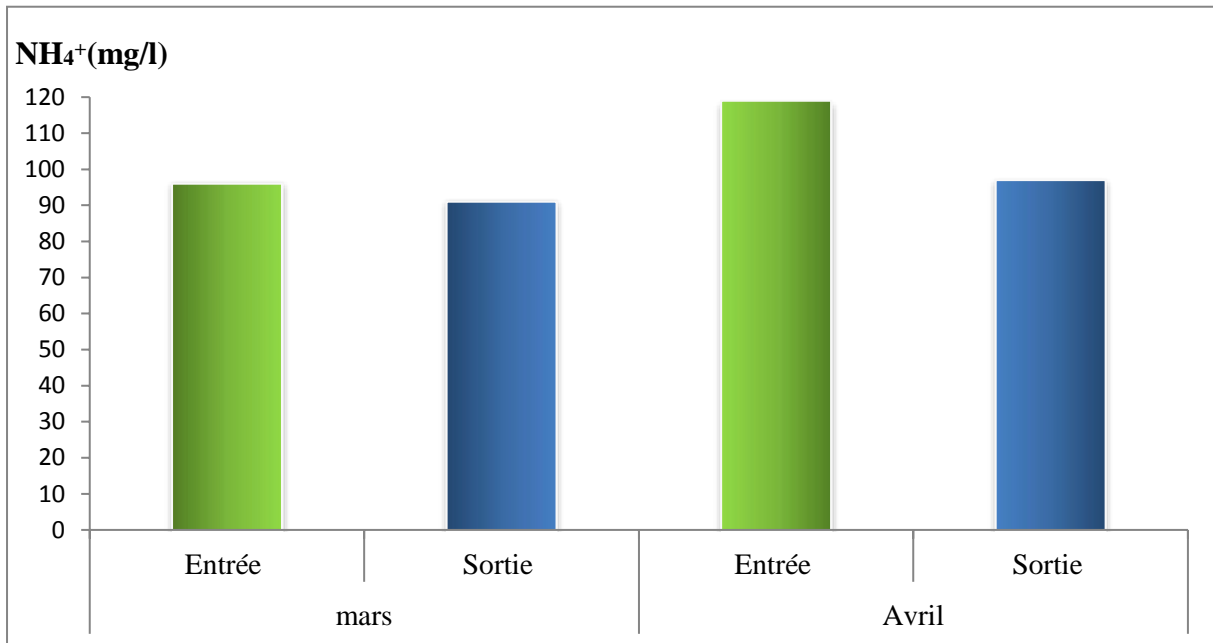


Figure 12: Variation de l' NH_4^+ de l'eau brute et l'eau épurée.

La valeur de NH_4^+ de l'eau brute enregistrée pendant le mois d'avril est 119 mg/l et celle du mois mars est 96 mg/l. Pendant le mois mars l' NH_4^+ enregistrée est 91 mg/l et celui du mois d'avril est 97 mg/l (**Figure 12**).

Les valeurs de l'azote ammoniacal de l'eau traitée sont légèrement inférieures à celles enregistrées au niveau des eaux brutes. La forte présence de l'azote ammoniacal dans les eaux usées traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de matière organique lorsque la quantité de O_2 est insuffisante pour assurer sa transformation (**Djeddi, 2006**). Ces résultats sont en adéquation avec les résultats obtenus de l' O_2 dissous et du DBO_5 . Selon l'**OMS**, les valeurs de NH_4^+ ne dépassant pas 1 mg/l (<1 mg/l). Les résultats obtenus de l'Azote ammoniacal dépassent largement les normes (**Annexe 1**).

La présence des microorganismes autotrophes vis-à-vis de l'azote, dégradent les protéines en azote ammoniacal. Les bactéries autotrophes telles que *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*, transforment l'azote ammoniacal NH_4^+ en présence d'oxygène pour produire des nitrites NO_2^- puis des nitrates NO_3^- . La forte concentration de l'azote ammoniacal indique une faible dégradation de ce dernier en nitrite et nitrate soit à cause de l'absence de microorganismes responsables à la dégradation soit à cause du manque d'oxygène (**Rodier et al., 2009**).

10. Nitrite

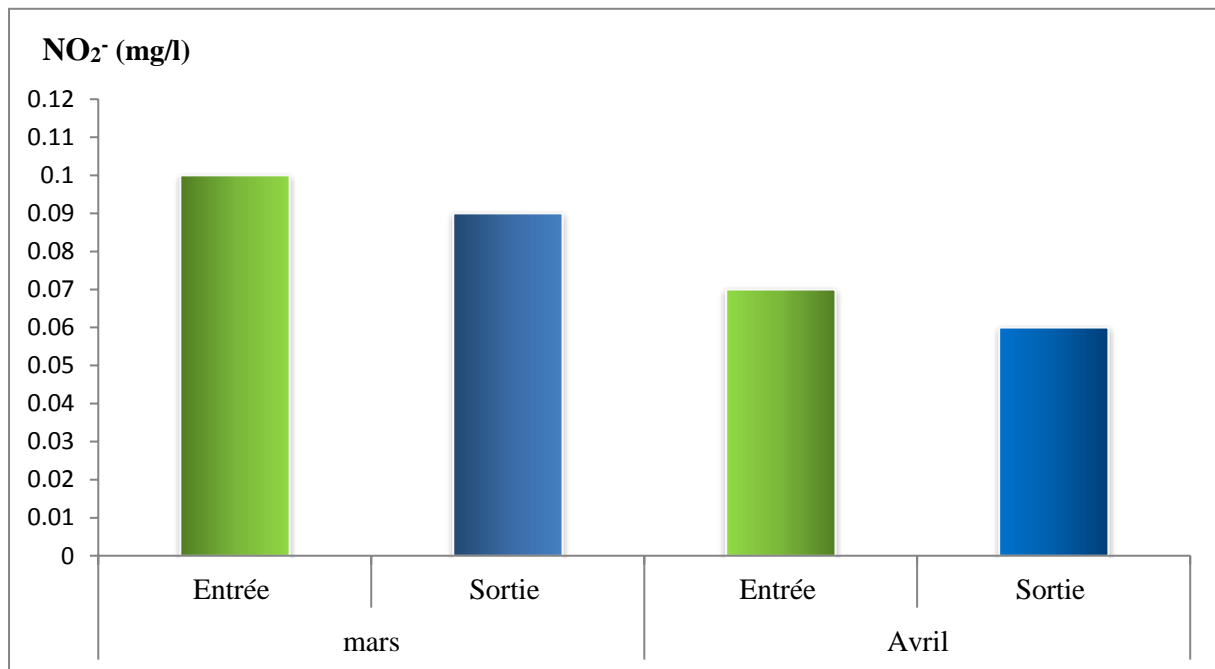


Figure 13 : Variation de NO₂⁻ de l'eau brute et l'eau épurée.

La valeur de NO₂⁻ de l'eau brute enregistrée pendant le mois mars est 0,1 mg/l et celle du mois d'avril est 0,07 mg/l. Pendant le mois d'avril le NO₂⁻ de l'eau épurée enregistrée est 0,06 mg/l et celui du mois mars est 0,09 mg/l (**Figure 13**). Selon l'OMS, les valeurs de NO₂⁻ ne dépassant pas 1 mg/l (<1 mg/l), ce qui indique que nos résultats sont conformes aux normes (**Annexe 1**).

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrification à des températures élevés (**Mekkaoui et al., 2012**). Ces faibles quantités de nitrites enregistrés confirment le manque de dégradation de l'azote ammoniacale au niveau de la station d'épuration. Les teneurs en nitrite des eaux usées sont dans la gamme habituelle (0-10mg/l) des eaux destinées à l'irrigation (**Ayers et Westcot, 1989**).

11. Nitrate

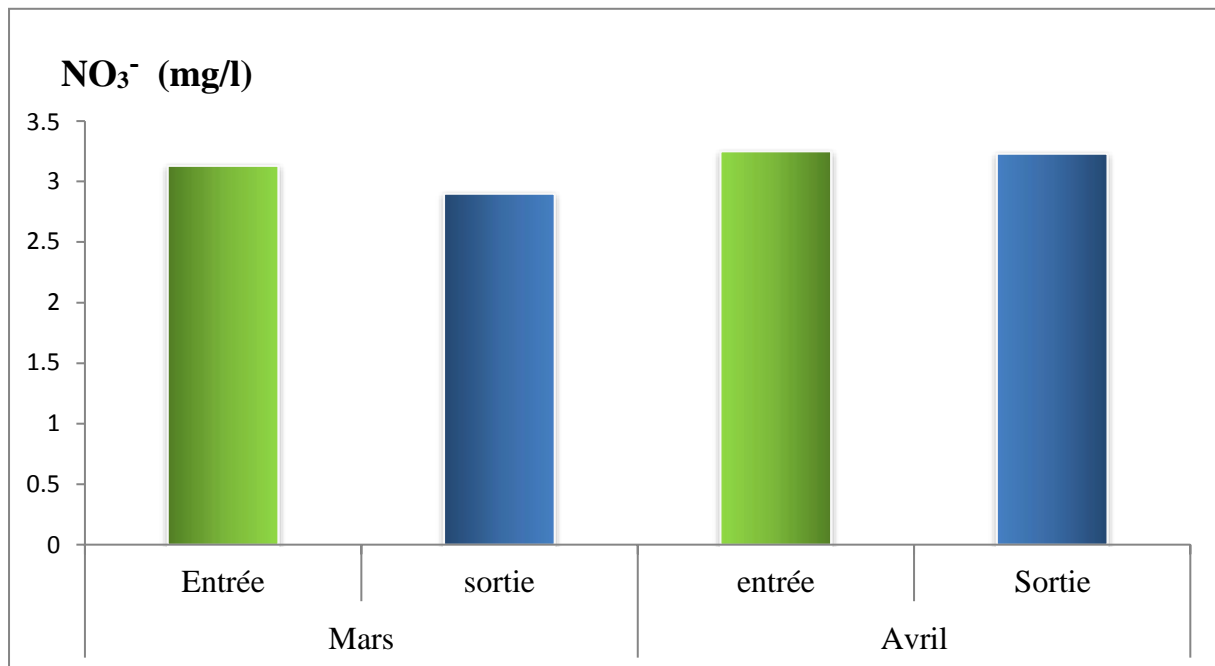


Figure 14 : Variation de NO_3^- de l'eau brute et l'eau épurée.

La valeur de NO_3^- de l'eau brute enregistrée pendant le mois d'avril est 3,25 mg/l et celle du mois mars est 3,13 mg/l. Pendant le mois mars le NO_3^- de l'eau épurée enregistrée une diminution de 2,98 mg/l par rapport le mois d'avril et 3,23 mg/l (**Figure 14**). Selon l'OMS, les valeurs de NO_3^- est inférieur ou égal 50 mg/l, ce qui indique que nos résultats sont conformes aux normes (**Annexe 1**).

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu (**Rodier et al., 2009**).

Conclusion générale

Conclusion générale

Les procédés d'épuration des eaux usées sont des pratiques qui ont des influences sur l'environnement, l'économie et la santé humaine. L'objectif de la présente étude c'est d'évaluer les performances épuratoires de la STEP de Bordj Bou Arreridj et de montrer l'importance de cette dernière sur la protection de l'environnement. Pour ce faire nous avons effectué des analyses physico chimiques de l'eau brute et celui épurée au niveau de la STEP.

Les principaux résultats physico chimiques indiquent que les eaux usées épurées sont caractérisées par :

- Une température (17,18 °C), un pH (8,16 mg/l), l'O₂ dissous (0,45 mg/l), un PT (0,50 mg/l), les NO₂⁻ sont de (0,06 mg/l) et les NO₃⁻ sont de l'ordre de (3,23 mg/l) conformes aux normes de l'organisation mondial de la santé.
- Une conductivité électrique (1927 µS/cm), les MES (139.30 mg/l), la DBO₅ (170 mg/l), la DCO (263 mg/l) et l'NH₄⁺ (97 mg/l) qui ne sont pas conformes aux normes.

La faible quantité d'O₂ dissous de l'eau traitée enregistrée montre que le bassin nécessite une bonne aération pour le bon développement des microorganismes responsable de la dégradation de la matière organique.

Les valeurs élevées de la DBO₅ et DCO de l'eau épurée confirme l'insuffisance de l'oxygène dissous au niveau du bassin d'aération. Ainsi, les apports élevés de MES enregistrés sont justifiés malgré qu'elles sont facilement biodégradable.

Le rapport DCO / DBO₅ est 1,57 indique que l'origine de la pollution c'est les industries agroalimentaires. La matière organique semble facilement biodégradabilité, cependant elle nécessite un traitement biologique adapté.

Les valeurs élevées de la salinité et du taux de l'azote ammoniacal enregistrés indiquent que les eaux épurées ne peuvent pas utiliser en irrigation parce qu'elles exercent des effets négatifs sur les plantes.

Enfin, les performances épuratoires de la station de Bordj Bou Arreridj sont faibles et nécessitent des améliorations notamment en système de décantation, le bassin d'aération et le traitement biologique.

Référence bibliographique

Allen J et al., 1994. Surveillance de qualité des eaux de surface. Guide à l'intention des citoyens. Des étudiants et des communautés du Canada atlantique, p103.

Allouche F et al., 1999. Surveillance de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de contamination niveau des trois communes : Ali boussid, Saby, Ben Badis, wilaya de Sidi Bel Abbas ». Mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état en biologie, Université de Sidi Bel Abbas. Algérie. Anonyme 2007. Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation. SEEE. Rabat. Maroc.

Arjen VanDer Wal, 2008. Connaissances des méthodes de captage des eaux souterraines aux forages manuels. 1ère Edition: Un manuel d'instruction pour les équipes de forage manuel sur l'hydrogéologie appliquée, l'équipement et le développement des forages. 1ère Edition 37p.

ANDI, 2013. Agence nationale de développement de l'investissement, wilaya de Bordj Bou Arreridj, p17.

ANIREF, 2011. Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière, Monographie de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj, p 6.

Asano T, 1998. Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, volume 10, Edition Taylor Francis Inc, Pp. 1828.

Ayers R et Westcot D, 1989. Water quality for agriculture, bulletin FAO d'irrigation et de drainage, No.29, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 174p.

Badai-Gondard, F, 2003. L'assainissement des eaux usées, Edition Technicité, France, 227p.

Baumont S et al., 2004 : Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île de-France. Rapport ORS, p220.

Belgiorno V et al., 2007. Review on endocrine disrupting emerging compounds in urban wastewater: Occurrence and removal by photocatalysis and ultrasonic irradiation for wastewater reuse. Desalination, 215:166- 176.

Bliefert C et Perraud R, 2001. Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Edition de Boeck, 2001.

Bouragba Nadjat, 2015. Contribution à l'étude des minéralisations de la chaîne des Azerou (chaîne des Bibans, Bordj Bou Arreridj). Université Ferhat Abbas-Setif, diplôme de magister, p 79.

Briere F.G, 1994. Distribution et Collecte des eaux Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal. 3eme édition, 598 p

CF ,2009 : conservation des fortes dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj

Claire EME et Catherine BOUTIN, 2015.Composition des eaux usées domestiques par sourced'émission à l'échelle de l'habitation Rapport final

Commission de Protection des Eaux, du Patrimoine, de l'Environnement, du Sous-sol et des Chiroptères (CPEPESC) de Franche-Comté, (ou plus simplement Commission de Protection des Eaux), 3 rue Beauregard, 25000 Besançon. (Association de Protection de la Nature).

Daneshgar, S et al., 2018. "The potential phosphorus crisis: resource conservation and possible escape technologies : a review".Resources 7 (2): 37.

Dégremont Memento Technique De L'eau. "Tome 1 et 2", Parise, 1998.

Djeddi H, 2006. Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Université Mentouri. Constantine, p 144.

Dugniole, 1980. L'assainissement des eaux résiduaires domestiques, CSTC - revue n° 3-septembre, pp. 44-52

Edline F, 1996 L'épuration physico-chimique des eaux. 3eme édition. Ed. Cebedoc, Paris, France 283p.

F.A.O., 2003. L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage Paper, 65p.

Faby J. A et Brissaud F, 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation.Office International de l'Eau, 76p.Faby J.A. Brissaud F., 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.

Farah Abdelhafid Karim, 2014. Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien. Université Constantine 1, thèse Magistère, p 108.

Gaujous D, 1995. La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire. Ed. Techniques et documentations. Lavoisier. Paris, p220.

Ghennai Nabil, (2012). Etude des rapports et des corrélations entre le régime bioclimatique et les incendies de forêts (cas de l'Est-Algérien), Mémoire fin d'étude de Magister, p 91

Grosclaude G, 1999. L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210p.

Hamimed A et Idder W, 2018. Étude des performances épuratoires de la STEP d'Oued Zine, Mémoire de Master, Spécialité: Chimie de l'environnement, Université Ahmed Draïa Adrar-

Algérie. Hannachi A., Gharzouli R., Djellouli Tabet Y. (2014). Gestion et valorisation des eaux usées en algérie. Larhyss Journal, ISSN 1112- 3680, N:19, Septembre 2014, pp. 51- 62

HCEFLCD, 2006. Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p, (2006).

Hem JD. , Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, USGS Water Supply Paper, 2254, 117–120 (1985).

Houssef Chalhmi. Etude de la pollution marine par les hydrocarbures et caractérisation de leurs effets biochimiques et moléculaires sur la palourde de Ruditapes sp.. Géochimie. Université de Bordeaux, 2015. Français. NNT : 2015BORD0175ff. tel-01583022f

IBGE ,2005 Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement

Jaroz J, 1985. Le traitement des boues des stations d'épuration, centre de formation et de documentation sur l'environnement industriel, Paris – France

Kimura K et al., 2004. Rejection of neutral endocrine disrupting compounds (EDCs) and pharmaceutical active compounds (PhACs) by R.O.M. Journal of Membrane Science, 245: 71- 78.

Le site Internet <https://www.1h2o3.com> (le Site) est la propriété exclusive de la 1H2O3 GmbH.

Legube B, 1996. Le traitement des eaux superficielles pour la production d'eau potable. Agence de L'eau Loir– Bretagne- France.

Marcel M, Chartire, 1974. Les types de pollutions de l'eau, In: Norois, N: 82, Avril- Juin, pp. 183- 193.

Mayet J, 1994. La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation, le Moniteur, 2ème Edition, 382p.

Metahri .M.S, 2012 : Elimination de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées (thèse de doctorat). UMMTO

Melanie H, 2010, Evaluation des capacités bioremédiatrices d'une mangrove impactée par des eaux usées domestiques. Application au site pilote de Malamani, Mayotte.. Autre. Université Paul Sabatier- Toulouse III.

Metahri., 2012 : élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou.P17, 20, 22, 27, 63, 72,73et74.

Mustapha Kebiche, « Le bassin versant du Hodna (Algérie): Ressources en eau et possibilités d'aménagement », *Travaux de l'Institut de Géographie de Reims*, ID : [10.3406/tigr.1994.1298](https://doi.org/10.3406/tigr.1994.1298)

NEMERY Julien,2022, Phosphore et eutrophisation, Encyclopédie del'Environnement, [en ligne ISSN 2555-0950] url : <https://www.encyclopedie-environnement.org/eau/phosphore-et-eutrophisation/>.

Nisbet M et Verneaux J, 1970 : Composants chimiques des eaux courantes. Annales de limnologie, 6 fasc., p161-190

Ouali MS, 2001 : Cours de procédés unitaires biologique et traitement des eaux. O, P, U. Alger, p 156.

Peterson, H.G. Water quality and Micro-irrigation for horticulture. Agriculture et Agroalimentaire Canada (1999).

Québec, 2016 CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. Détermination de la demande chimique en oxygène : méthode de reflux en système fermé suivi d'un dosage par colorimétrie avec le bichromate de potassium, MA. 315 – DCO 1.1, Rév. 4, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 2016, 12 p.

Québec, 2016 CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. Détermination de la demande biochimique en oxygène: méthode électrométrique, MA. 315 – DBO 1.1, Rév. 3, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 2014, 11 p.

Ramade F, 1984 :- Eléments d'écologie, écologie fondamentale. Ed. Mc GRAW-HILL, 397 p.

Rejesk F, 2005 : Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.

Rodier J .Legube B. Merlet N et al., (2009) Analyse de l'eau. 9e édition. Dunod, Paris. 1526p

Rodier Jet al., 1996. L'analyse de l'eau :Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition. DUNOD. Paris.

Rodier J et al ., 2009 :L'analyse de l'eau, 9e édition Entièrement mise à jour, Paris. P1526.

Satin M et al., 2010 Guide technique de l'assainissement, 4 ème édition, le moniteur référence technique, Parise, 2010.

Source : ENS Lyon, Institut français de l'Éducation, Plateforme ACCES — Eduterre

Tarmoul F et Sodi M , 2007 : Mémoire, « Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel ». Tribune de l'eau n°:563/3. Ed. CEBEDOC, p 27-32

Vander Werf H, 1996. Assessing the impact of the pesticides on the environnement. Agriculture, Ecosystems and Environment, 60: 81- 96.

Vilaginès, R, Eau, environnement et santé publique, 2ème édition, Parise, (2000).

W.H.O, 2008. Guidelines for Drinking-water Quality, Incorporating 1st and 2nd Addenda, Volume 1, Recommendations, 3rd Ed.

Zeghoud M, 2014: Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra ; mémoire de fin d'étude de Master en hydraulique Université d'El-Oued.

1H2O3 GmbH est une société à responsabilité limitée, constituée en vertu des lois de la Suisse et enregistrée sous le numéro de société CHE-494.696.511 TVA
AFNOR., 1994-qualite des sols . environnement. recueil des normes francaises . Ed. AFNOR .paris, 154p

Annexe

Annexe 1 :

Les normes des rejets des eaux usées (Normes internationale)

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret-loi.

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) pour les eaux usées sont résumées le tableau ce dessous :

Paramètres	Normes (OMS)
Température (°C)	<30
Ph	6,5-9
CE (µS/cm)	2000
MES (mg/l)	<30
Oxygène dissout (mg/l)	12,3
DBO ₅ (mg/l)	<30
DCO (mg/l)	<90
Phosphore total (mg/l)	<2
Azote ammoniacal (mg/l)	<1
Nitrite (mg/l)	<1
Nitrate (mg/l)	<1