

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 عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université -Belhadj Bouchaib-d' Ain-Temouchent
Faculté des Sciences et de Technologie
Département d'Agroalimentaire



MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

THEME :

Traitement d'épuration et analyses physico-chimiques de l'eau (STEP d'Ain Temouchent).

Soutenu le : 22 Juin 2023

Présenté Par :

- Mlle ZAIMI Sarra.
- Mr BELLAHCENE Farh -Eddine.
- Mr BERRAFA Mohamed.

Devant le jury composé de :

Dr. DERRAG Zineb

MCA UAT.B.B (Ain Temouchent) Président

Dr. ZITOUNI Amel

MCB UAT.B. B (Ain Temouchent) Examinateur

Dr. BOUCHENAK KHELLADI Nesrine

MCB UAT.B.B (Ain Temouchent) Encadreur

Année universitaire 2022/2023

Remerciements

Notre remerciement est d'abord à Allah le tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné la force et la patience pour terminer ce travail.

Nous voudrions tout d'abord adresser tous notre gratitude à notre encadreur de ce mémoire Dr BOUCHENAK KHELADI Nesrine enseignante chercheur à Université Belhadj Bouchaib Ain Temouchent pour sa patience, sa disponibilité et pour ses conseils concernant notre projet de fin d'étude et elle a grandement facilité mon travail.

A tous les travailleurs de la station de AÏN TEMOUCHENT qui nous ont aidés de près ou de loin dans notre recherche de notre thématique.

Nous remercions également notre présidente du jury: Dr Z. DERRAG

d'avoir honoré par sa présence en acceptant la présidence du jury

et l'examinatrice Dr A. ZITOUNI d'avoir accepté d'évaluer et d'examiner notre travail et de nous avoir aidé à acquérir un savoir et savoir durant notre Coursus universitaire,

Dédicace

D'abord, je dirai Alhamdulillah pour tout et chaque condition et chaque bénédiction

Je dédie ce modeste travail à :

À mes chers parents Abderrahmane et Kheira, pour Tout le Soutien moral et l'éducation qu'ils m'ont prodiguée avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard, et tout ce qu'ils ont fait pour moi depuis mon enfance.

Et je vous dis merci beaucoup, mes parents.

À Bellahcene Farheddine (moi)

À toute ma famille sans exception, à ma grand-mère et ma tante, à mes frères Ayoub et Abdelmadjid

À mon frère Mohamed Berrafa et ma sœur Sarra Zaimi

À tous mes amis, Zaimi Amine, Dannoun Ahmed, Walid, Hicham, Mohamed, Nadjmi Mohamed... etc.

À tous mes chers collègues

À mes chers enseignants

À ma future femme que je ne connais pas encore

Et à mes Enfants, inch'Allah

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce projet soit, je vous dis merci.

Farh-eddine

Dédicace

Je dédie ce mémoire à ma chère maman qui a toujours été à mes côtés et m'a soutenu tout au long de ces longues années d'études.

À mon frère Saïd, à mes sœurs Houaria et Khouloud, je leur témoigne mon profond amour et attachement. Que Dieu leur procure beaucoup de bonheur et de succès.

Un grand remerciement à mes amis Ayoub, Alaa et Ali qui m'ont toujours soutenu et encouragé durant la réalisation de ce mémoire.

À toute ma famille, mes tantes, mes oncles et tous mes cousins et cousines, ainsi qu'à tous ceux qui me connaissent.

Je souhaite également exprimer ma gratitude à mes collaborateurs Farho et Sarra pour leur coopération dans la réalisation de notre recherche.

Et enfin, à mes chers amis, en souvenir de nos éclats de rire et des bons moments passés ensemble, j'espère de tout mon cœur que notre amitié durera éternellement.

Mohamed

Dédicace

Avec une profonde gratitude, je dédie humblement ce travail à ceux qui, quelles que soient les paroles utilisées, resteront toujours insaisissables à mon amour sincère.

À l'homme précieux qui m'a été offert par Allah, à qui je dois ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Hacene.

À la femme qui a enduré sans me laisser souffrir, qui n'a jamais refusé mes demandes et qui n'a ménagé aucun effort pour me rendre heureuse : ma merveilleuse mère Torkia.

Ma troisième épaule qui ne flanche pas, mon refuge infailible, mon confident, ma chère sœur bouchera.

On a dit que l'amour d'un frère est semblable à une montagne sur laquelle on peut s'appuyer dans les moments d'adversité, et comment pourrais-je ne pas l'aimer ? Et le Seigneur de l'univers a dit à ce sujet : « Nous te fortifierons par ton frère ». À mon frère Nino Yacine,

À mes grands-mères, mes oncles et mes tantes.

À mes cousins Houda, Ines, Hiba, Chiema... Merci pour leur amour et leurs encouragements.

Et enfin, je n'oublie pas mes partenaires Mohamed et Farho, leur patience et leur compréhension tout au long de ce projet.

Sarra

RESUME:

L'objectif de notre travail a été d'évaluer la qualité et l'épuration des eaux usées dans la STEP AIN TEMOUCHENT. Le procédé d'épuration dans cette station se base sur un traitement biologique intensif par boues activées.

Cette étude comporte deux chapitres principales, le premier chapitre bibliographique : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration, il est composé de deux parties une généralité sur l'eau usée, ensuite les paramètres physico-chimique.

Le deuxième chapitre représente la partie d'étude pratique, c'est un bilan analytique. Dans ce chapitre, un aperçu sur la zone d'étude, de la station de AIN TEMOUCHENT et les analyses des eaux usées brutes et épurées qui permet d'évaluer la qualité des eaux usées traitées, qui vont être destinées à la réutilisation dans le secteur agricole en se basant sur les normes de l'Organisation mondiale de la Santé OMS et le journal officiel Algérien, nous montrons les méthodes analytiques permettant de déterminer les paramètres de contrôle de la pollution des eaux usées épurées et réutilisées en différentes cultures agricoles de la wilaya.

Mots clé :

Traitement d'épuration, eaux usées, analyses physico-chimiques, STEP d'Ain Témouchent

Abstract :

The objective of our work was to assess the quality and treatment of wastewater in STEP AIN TEMOUCHENT. The purification process in this plant is based on intensive biological treatment with activated sludge.

This study has two main chapters, the first bibliographic chapter : Generalities on wastewater and purification treatments, is composed of two general parts on wastewater and the second part physico-chemical parameters.

The second chapter presented the part of practical study chapter which is an analytical assessment. In this chapter, an overview of the study area, the AIN TEMOUCHENT station and the analyzes of raw and purified wastewater which makes it possible to assess the quality of the treated wastewater which will be intended for reuse in the agricultural sector. Based on the standards of the World Health Organization WHO and the Algerian official journal, we show the analytical methods for determining the pollution control parameters of treated wastewater and reused in different agricultural crops of the wilaya.

Keywords:

Wastewater treatment, waste water, physico-chemical analysis, the Ain Témouchent wastewater treatment plant.

الملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم جودة ومعالجة مياه الصرف الصحي بمحطة معالجة مياه المستعملة عين تموشنت

تعتمد عملية التنقية بهذه المحطة على المعالجة البيولوجية المكثفة بالوحل المنشط.

تتكون هذه الدراسة من فصلين رئيسيين: الفصل الأول عموميات حول مياه الصرف الصحي ومعاملات التنقية ، ويتكون هذا الفصل من جزأين عامين : مياه الصرف الصحي و المعايير الفيزيائية والكيميائية.

أما الفصل الثاني فقد تطرقنا للدراسة التطبيقية وهو التقييم التحليلي. في هذا الفصل لمحة عامة عن منطقة الدراسة ، محطة عين تموشنت وتحليل مياه الصرف الصحي الخام والمنقاة مما يجعل من الممكن تقييم جودة المياه العادمة المعالجة التي سيتم إعادة . بناءً على معايير منظمة الصحة العالمية OMS والجريدة الرسمية الجزائرية ، نعرض الأساليب التحليلية لتحديد معايير التحكم في التلوث لمياه الصرف الصحي المعالجة وإعادة استخدامها في ري المحاصيل الزراعية و المساحات الخضراء للولاية.

الكلمات المفتاحية:

معالجة مياه الصرف الصحي ، مياه الصرف الصحي ، التحليل الفيزيائي والكيميائي - محطة معالجة مياه الصرف الصحي عين تموشنت

Table de matieres :

Liste de l'abréviation.....	I
Liste des figures	II
Liste des tableaux	IV
Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration.	
Introduction.....	5
I. Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration	5
I.1 Généralités sur les eaux usées.....	5
I.1.1 Propriétés de l'eau	5
I.1.2 Définition des eaux usées	5
I.1.3 Origines des eaux usées	6
I.2 Les traitements d'épuration	8
I.2.1 Le traitement des eaux usées et son objectif.....	8
I.2.2 Les traitements différenciés	8
I.2.2.1 Procédés physiques	8
I.2.2.2 Procédés physico-chimiques (coagulation-floculation).....	10
I.2.2.3 Procédés de traitement chimique	11
I.2.2.4 Procédés radiatifs	12
I.2.2.5 Procédés biologiques	12
I.2.3 La filière d'épuration	12
I.2.4 Les traitements biologiques	13
I.2.4.1 Le procédé à cultures fixes	13
I.2.4.2 Le procédé à cultures libres	14
I.2.4.3 Le traitement aérobie	14
I.2.4.4 Le traitement anaérobie	14
II. Paramètres physico-chimiques	15
II.1 les élément physico-chimiques	15
II.1.1 La température	15
II.1.2 Le PH.....	15
II.1.3 La conductivité	16
II.1.4 L'Oxygène dissous (O ₂)	16
II.1.5 Matière en suspension	16
II.1.6 La demande chimique en Oxygène (DCO)	17
II.1.7 La demande biologique en Oxygène (DBO)	17
II.1.8 L'azote	17
II.1.9 Nitrites	17
II.1.10 Nitrates	18
II.1.11 Le Phosphore	18
II.1.12 Les métaux lourds	19
II.2 Paramètres organoleptiques et bactériologiques	19
II.2.1 La Turbidité	19
II.2.2 Couleur et odeur	19

II.2.3 Paramètres bactériologiques	19
II.3 L'impact des eaux usées	20
II.3.1 L'impact sur l'environnement.....	20
II.3.2 L'impact sur la santé humaine.....	20
II.3.3 Impact sur l'environnement et la santé humaine	22
II.3.4 Évaluation de l'indice de risque des eaux usées sur la santé publique en Algérie	22
Conclusion.....	23
Chapitre II : ETUDE PRATIQUE	25
Introduction.....	25
I. Présentation de la station d'épuration Ain Témouchent	25
I.1 Définition d'une Station d'épuration	25
I.1.1 Présentation de la STEP d'Ain T'émouchant	25
I.1.2 Situation géographique.....	26
I.1.3 Les Caractéristiques de la STEPE d'Ain T'émouchent	26
I.1.4 Le Fonctionnement de la STEP	28
I.2 Descriptif des ouvrages.....	29
I.2.1 Prétraitement	29
I.2.2 Traitement Biologique à boues activées.....	33
I.2.3 Traitement Tertiaire	37
II. les analyses physico-chimiques.....	39
II.1 Matériel et méthodes	39
II.1.1 Le Prélèvement automatique	39
II.1.2 Echantillonnage	39
II.2 Les paramètres physico-chimique	40
II.2.1 La température (T)	40
II.2.2 Potentiel d'hydrogène (PH).....	40
II.2.3 La conductivité (C).....	42
II.2.4 La turbidité (FT μ)	43
II.2.5 Oxygène dissout O ₂	45
II.2.6 Matière en suspension MES %.....	46
II.2.7 Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	48
II.2.8 Demande chimique en oxygène DCO	50
II.2.9 Détermination de l'azote ammoniacal NH ⁺ ₄	51
II.2.10 Détermination de nitrate NO ₃ ⁻	52
II.2.11 Détermination de nitrite NO ₂ ⁻	53
II.2.12 Détermination des phosphates PO ³⁻ ₄	54
II.2.13 Détermination de phosphore total (PT).....	55
Conclusion:	56
Conclusion générale.....	59
Références bibliographiques	61

liste des abréviations

Liste des abréviations

CO₂ : Dioxyde de carbone

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande chimique en oxygène.

Eq/hab : Équivalent par habitant.

H⁺ : D'ions hydronium

H₂O : L'eau

Ha : Hectare.

MES : Matière en suspension.

MVS : Matière volatile en suspension.

NH₃ : l'ammoniac

NH₄⁺ : Azote ammoniacal.

NO₂ : l'azote nitreux

NO₂⁻ : Nitrites.

NO₃⁻ : Nitrates.

NT : L'azote total

NTK : L'azote total de Kjeldahl

Ntu : Néphélométrie turbidity unit.

O₂ : L'Oxygène dissous

OH⁻ : D'ions hydroxyde

OMS : Organisation mondiale de la santé

ONA : Office national d'assainissement.

ORG-N : L'azote organique

PH : potentiel hydrogène

PO₄ : Phosphates

PO₄⁺ : Orthophosphate.

PT : Phosphore total

STEP : Station d'épuration.

T (°C) : Température.

T FT_μ : La turbidité

Liste des figures

Liste des figures

Figure N°1	Coagulation-floculation	7
Figures N°2	Chaîne ou filières de traitement des eaux usées	9
Figures N°3	Situation géographique de la step ain temouchent	22
Figures N°4	batiment de prés traitement (Dégrillage)	25
Figures N°5	batiment de prés traitement (Dégrillage grossière) (2023)	26
Figures N°6	batiment de prés traitement Dégrillage fines (2023)	27
Figures N°7	Contrôle du débit d'eaux prétraitées à ultrason (2023)	27
Figures N°8	station de relevage (2023)	28
Figures N°9	Déssableur –Dégraisseur (2023)	28
Figures N°10	Décanteur secondaire (2023)	29
Figures N°11	Décanteur secondaire (2023)	30
Figures N°12	Epaississeur (2023)	31
Figures N°13	Bandes presseuses (2023)	32
Figures N°14	Bandes presseuses (2023)	32
Figures N°15	L'élimination du phosphore	34
Figures N°16	traitement de gaz	35
Figures N°17	Echantillonneur d'Entrée (2023)	36
Figures N°18	Variation de la température de l'eau (entrée, sortie) en fonction due temps....	37
Figures N°19	Variation de PH de l'eau (entrée, sortie) en fonction du temps(2023)	38
Figures N°20	Variation de la conductivité de l'eau (entrée, sortie) en fonction de température Interprétation	39
Figures N°21	le multimètre (2023)	39
Figures N°22	Variation de turbidité de l'eau (entrée, sortie) en fonction de temps.....	40
Figures N°23	le turbidimètre (2023).....	41
Figures N°24	Variation de l'oxygène dissout de l'eau (entrée, sortie) en fonction de temps.	42
Figures N°25	multimètre portable (2023)	42
Figures N°26	Variation de matière en suspension de l'eau (entrée et sortie) en fonction de	

Liste des figures

temps	43
Figures N°27 la pompe à vide (2023)	44
Figures N°28 l'étuve (2023)	44
Figures N°29 Variation de DBO de l'eau (entrée, sortie) en fonction de temps	45
Figures N°30 Interprétation.	46
Figures N°31 incubateur DBO	47
Figures N°32 Variation de DCO de l'eau (entrée et Sortie) en fonction de temps	48
Figures N°33 Variation du l'azote ammoniacal de l'eau (entrée et sortie) en fonction de temps	49
Figures N°34 Variation de nitrate (NO ₃ ⁻) de l'eau (entrée et sortie) en fonction de temps...	50
Figures N°35 Variation de nitrite NO ₂ ⁻ de l'eau (entrée, sortie) en fonction de temps	51
Figures N°36 Variation des phosphates PO ₄ ³⁻ de l'eau en fonction de temps	52
Figures N°37 Variation du phosphore total PT de l'eau en fonction de temps	52

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau N°1 Coagulation-floculation	5
Tableaux N°2 Les avantages et inconvénients des boues activée	11
Tableau N° 3 : Capacité de traitement (DNEE DE LA STEP AIN TEMOUCHENT	23
Tableau N° 4: Capacité de traitement des charges polluantes	23
Tableau N° 5: Qualité de l'effluent	23
Tableau N° 6: Les caractéristiques de l'épaississeur	31
Tableau N° 7: Variation de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP	37
Tableau N°8: Variation de PH de l'eau entrée, sortie.....	37
Tableau N°9: variation de la conductivité de l'eau (entrée, sortie).....	38
Tableau N° 10: Variation de turbidité de l'eau :	40
Tableau N° 11: Variation de l'oxygène dissout de l'eau (entrée, sortie)	41
Tableau N° 12: variation de matière en suspension de l'eau (entrée et sortie)	43
Tableau N° 13: Variation de DBO de l'eau (entrée, sortie)	45
Tableau N° 14: Variation de DCO de l'eau (entrée et Sortie)	46
Tableau N° 15: Variation du l'azote ammoniacal de l'eau (entrée et sortie)	47
Tableau N° 16: Variation de nitrate (NO_3^-) de l'eau (entrée et sortie)	47
Tableau N° 17: Variation de nitrite de l'eau (entrée, sortie)	49
Tableau N° 18: Variation des phosphates PO_4^{3-} de l'eau (Entrée, Sortie)	50
Tableau N° 19: Variation du phosphore total PT de l'eau (entrée, sortie)	52

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

La consommation journalière de l'eau augmente avec la croissance démographique et le développement permanent dans les différents secteurs : urbain, agricole et même des services. La qualité des eaux consommées se détériore après être utilisée dans ces différents secteurs, et sera par la suite rejetée dans la nature mais en principe ces quantités d'eau doivent passer par une station d'épuration.

L'Algérie dispose à l'heure actuelle de 171 stations d'épuration des eaux usées dont le volume d'eau usées épurées est estimé à 900 millions de mètres cube (ONA, 2021).

L'eau est une ressource naturelle très limitée dans les régions semi-arides. Elle est très demandée. Elle est nécessaire à toutes les activités socio-économiques. Certaines activités sont plus exigeantes en eau et d'autres plus prioritaires, mais le plus souvent l'eau utilisée est dégradée et polluée, cela cause une crise qui affecte de nombreuses régions du monde.

Les rejets issus des utilisations domestiques et industrielles de l'eau peuvent contenir plusieurs substances, sous forme solide ou dissoute, y compris des micro-organismes pathogènes, menaçant la qualité de l'environnement dans son ensemble.

Cependant, si l'eau est préalablement traitée, elle trouvera d'autres utilisations surtout dans le domaine agricole ou le domaine industriel, où elle vient valoriser l'itinéraire technique mis en application pour produire plus.

Le traitement d'épuration des eaux usées est un processus essentiel pour la protection de l'environnement et de la santé publique.

« Rien n'est perdu, rien n'est créé, tout est transformé. » Ce principe s'applique également à l'eau source de vie ressource précieuse, mais difficile d'accès, qui pourra aussi être source de mort si elle n'est pas bien gérée.

Les eaux usées sont générées par les activités humaines et contiennent divers polluants tels que les matières organiques, les nutriments, les produits chimiques et les micro-organismes pathogènes.

Notre étude vise à évaluer l'efficacité des analyses physico-chimiques de l'eau à son entrée (eau usée) et à sa sortie (eau épurée) de la station d'épuration d'Ain Témouchent.

Ainsi, le problème suivant peut être soulevé : les résultats de notre recherche à la station d'Ain Témouchent sont-ils conformes aux normes du Journal Officiel algérien ?

De cette problématique découle un ensemble de questions secondaires :

- Est-ce que ces eaux traitées sont destinées à la consommation journalière ?
- Quelle est la réutilisation maximale autorisée des eaux usées traitées en agriculture ?

Hypothèses d'étude :

- Les eaux usées ne sont pas destinées à la consommation journalière.
- Les résultats de la station d'Ain Témouchent dépassent les normes, car le débit moyen des eaux usées dépasse la capacité de la station.

Introduction générale

L'importance de la recherche :

- Le traitement des eaux usées consiste à réduire la pollution présente dans l'eau.
- Les boues dites primaires, qui sont le résultat de la décantation des matières en suspension contenues dans les eaux usées brutes sont utilisées comme engrais pour l'agriculture

Pour atteindre cet objectif, nous avons structuré notre travail de la manière suivante :

- Le premier chapitre présente des généralités sur les traitements d'épuration des eaux.
- Le deuxième chapitre porte sur l'étude pratique.

CHAPITRE I :
GENERALITES SUR
LES EAUX USEES ET
LES TRAITEMENTS
D'EPURATION

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

Introduction

Les eaux usées, résultat inévitable de nos activités quotidiennes comprenant la production domestique, agricole et industrielle de divers déchets et salissures transportés par des liquides, peuvent causer divers types de pollutions et de nuisances dans le milieu récepteur en raison de leur grande variété de contaminants. Par conséquent, il est essentiel de traiter ces eaux usées de manière appropriée avant de les rejeter dans l'environnement naturel, afin de préserver à la fois la santé publique et l'équilibre écologique.

Dans ce contexte, les paramètres physico-chimiques tels que le pH, la température, l'oxygène dissous, la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO), les matières en suspension et les nutriments jouent un rôle crucial. Ces paramètres fournissent des informations essentielles sur la composition chimique, la contamination et la biodégradabilité des eaux usées, permettant ainsi de déterminer les méthodes de traitement appropriées visant à réduire leur impact sur l'environnement.

En tenant compte de ce qui précède, ce chapitre présentera des généralités sur les eaux usées, les traitements d'épuration et les paramètres physico-chimiques.

I. Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

I.1 Généralités sur les eaux usées

I.1.1 Propriétés de l'eau

Les réserves disponibles en eau naturelle sont constituées d'eaux souterraines (nappe souterraine...), eaux terrestres (barrages, lacs, rivières...), et eaux de mer.

Les ressources mondiales en eau exprimées en millions de mètres cubes sont estimées à : 1 350 pour les eaux salées, 33.6 pour les eaux douces et 74,4 en neige et glace.

a. Propriétés chimiques de l'eau

L'eau, de par ses propriétés électriques et sa constitution moléculaire, est particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires et surtout solides. **(MEINCK, F, et all 1977).**

La solvatation (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une combinaison complète ou partielle de divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre. En effet, les nouveaux liens avec les molécules d'eau forgent de nouvelles structures : cela produit une véritable réaction chimique. Une solvatation complète est une dissolution.

La solvatation est le phénomène physico-chimique observé lors de la dissolution d'un composé chimique dans un solvant. Lors de l'introduction d'une espèce chimique initialement à l'état solide (sous forme de cristal ou bien amorphe) dans un solvant, les atomes, ions ou molécules du solide sont liés entre eux. Le produit ne va se dissoudre que si les molécules du solvant réussissent à rompre les liaisons dans le solide : **(Degrémont, SA, 2004).**

La solvatation est cette action des molécules du solvant sur le solide :

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

- soit par réaction chimique ;
- soit en affaiblissant suffisamment les liaisons.

La solvation est cette action des molécules du solvant sur le solide, pour qu'il y ait dissolution, les molécules du solvant doivent donc avoir une affinité avec les constituants du solide. Donc, les espèces dissoutes sont entourées par des molécules de solvant. Cette action des molécules de solvant sur le solide constitue la solvation.

La solvation d'une espèce dépend de la nature du solvant et du soluté. En règle générale, un composé polaire sera très bien solvate dans un solvant polaire, tandis qu'un composé apolaire sera mieux solvate dans un solvant apolaire. La solvation dans l'eau est aussi appelée hydratation.

b. Propriétés biologiques de l'eau :

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants. (CHOCAT, 1997) .

Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges.

I.1.2 Définition des eaux usées :

Les eaux usées correspondent aux eaux ayant été utilisées par les individus ou d'autres secteurs (industrie ou agriculture), elles résultent de la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité, du fait des activités humaines (RICHARD, 1996). Elles sont généralement chargées en matières minérale ou organique sous forme dissoute ou en suspension (BOUZIANI, 2000).

Les eaux usées sont toutes les eaux parvenant dans le réseau d'assainissement dont les propriétés naturelles sont transformées. (BLIEFERT, 2001).

La plupart des eaux usées sont offensives, d'autres sont pathogènes, elles peuvent être à l'origine de graves problèmes de santé publique, elles sont identifiées selon leurs origines. (BECIS, BELOUIDIANE, 2005).

I.1.3 Origines des eaux usées

On distingue 5 origines des eaux usées :

a. Les eaux usées domestiques :

Ce sont les eaux utilisées par l'homme pour des besoins domestiques (CHOCAT, 1997), elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent :

Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides), et des produits détergents.

Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents.

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

Des eaux de salle de bains chargées en produits pour l'hygiène corporelle. Généralement de matières grasses hydrocarbonées.

Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes (**CHOCAT, 1997, et FRANCK, 2002**).

b. Les eaux usées pluviales :

Ce sont les eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation, elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de la pluie, par deux mécanismes :

- Le lessivage de sols et des surfaces imperméabilisées.
- La remise en suspension des dépôts des collecteurs.

Elles sont de même nature que les eaux usées domestiques, avec de métaux lourds et des toxiques (Plomb, Zinc, Hydrocarbures) provenant essentiellement de la circulation automobile (**FRANCK, 2002**).

c. Les eaux usées agricoles :

Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau (**Salem, 1990**). Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais.
- Apport de pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants, d'insecticides.
- Apport de sulfate, de cuivre et de composés arsenicaux destinés à la protection de vignes en région viticole (**Richard, 1996**)

d. Les eaux usées industrielles :

Elles sont représentées par les rejets des exploitations industrielles et semi-industrielles (station de lavage et graissage, station d'essence, etc.) Qui sont caractérisés par une grande diversité de la composition chimique, présentant ainsi un risque potentiel de pollution (**KHADRAOUI et TALAB, 2008**).

e. Les eaux de drainage :

C'est l'eau du lessivage récupérée après irrigation grâce à un système de drainage. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terre perméable.

Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation) qui en abaissent la teneur en oxygène des eaux courantes et compromettent la vie des poissons et des animaux aquatiques.

Apport des pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants, d'insecticides.

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

En région viticole, apport du sulfate de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des vignes (**RICHARD, 1996**).

I.2 Les traitements d'épuration

I.2.1 Le traitement des eaux usées et son objectif

Le traitement des eaux usées suppose une connaissance et une analyse des différents ensembles représentés par ses composantes physiques, chimiques et biologiques.

Le traitement des eaux usées est l'ensemble des procédés visant à dépolluer l'eau usée avant son retour dans le milieu naturel est l'ensemble des procédés visant à dépolluer (**R. Degardaints, 1990**).

Le traitement se fait en plusieurs étapes. Il a pour objectif de minimiser l'impact des eaux usées sur l'environnement. Lorsque les eaux traitées sont réutilisées, on parle du recyclage des eaux usées.

La santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales) ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques.

L'agrément du consommateur, qui est différent du premier, car une eau peut être agréable à boire toute en étant dangereuse (source polluée...) Il s'agit des qualités organoleptiques, c'est-à-dire ce qui est perçu par les sens olfactifs de l'homme à savoir la couleur, l'odeur et le goût.

La protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usages (robinetterie, chauffe-eau...) contre l'entartrage (et/ou) la corrosion. (**A. Kettab, 1992**)

I.2.2 Les traitements différenciés :

Il s'agit d'un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau pour recycler ou réutiliser les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable.

Les méthodes de traitement des eaux usées sont diverses et peuvent être classées en trois catégories : les traitements primaires, secondaires et tertiaires.

On peut également tenter une classification physique et biologique qui revient grossièrement à distinguer d'un côté les traitements primaires et de l'autre les traitements secondaires et tertiaires, les professionnels de l'eau peuvent combiner de différentes manières ces procédés, en fonction de cas spécifiques (**G. Boari, I. Mancini, E. Trulli, 1997**) chaque procédé pourra changer de rôle en fonction de la place qu'il occupe dans la filière du traitement et de la façon dont il est mis en œuvre. (**J. Repšyte, R. Simutis, 2004**)

Il n'est pas simple de prétendre décrire de façon complète les différents procédés et filières de traitement (**D. Xanthoulis, 2004**)

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

I.2.2.1 Procédés physiques :

Ce sont des opérations de séparation de phases non miscibles dont l'une au moins est liquide, parmi ces procédés, les plus courantes sont :

a. Le dégrillage :

Est le premier poste de traitement, indispensable aussi bien en eau de surface qu'en eau résiduaire, permet d'éliminer les corps flottants et les gros déchets par l'intermédiaire de grilles placées en travers du canal d'amenée afin de protéger les installations contre les obstructions.

C'est ce qui permet de protéger la station contre le problème de bouchage au niveau des différents ouvrages causés par les différents objets. En fonction de l'espacement des barreaux des grilles, on distingue différents types de dégrillages (Tableau N°1) : **(O. Alexandre, et all, 1998)**.

Tableau N°1 : Les types de dégrillage en fonction de l'espacement des barreaux

(M. Boumaaza, 2020).

Type de dégrillage	Espacement entre les barreaux
Dégrillage grossier	30 - 100 mm
Dégrillage moyen	10 –25 mm

b. Le dégraissage-déshuilage :

Les opérations de dégraissage et de déshuilage en une séparation des huiles et graisses, produits de densité légèrement inférieure à celle de l'eau, de l'effluent brut. Elle a pour but d'éviter divers problèmes au cours du traitement : **(Boursalil, 2011)**.

- Les boules graisseuses, diminution des transferts d'oxygène, apparition de bactéries filamenteuses.
- L'endommagement des équipements et des pompes.
- La mauvaise sédimentation dans les décanteurs.
- La surconsommation des produits chimiques lors de la préchloration et coagulation-floculation.
- Le déshuilage par flottation assistée (**utilisation de bulles d'air**) est généralement abordé.

c. Le dessablage :

Le dessablage concerne les particules minérales de diamètre supérieur à 0,2 mm.

L'élimination des sables est une opération indispensable **(M. Deshayes, 2008)** , pour permet :

- Éviter les dépôts dans les canalisations conduisant à leur bouchage.

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

- Protéger les pompes et autres organes mécaniques contre l'abrasion
- Éviter de perturber les autres stades du traitement (surtout au niveau du réacteur biologique).
- Réduire la production des boues. La technique consiste à faire circuler l'eau brute à traiter dans des bassins dans lesquelles la vitesse de circulation est environ de (0,3 m.s, 1 m.s) pour éliminer les sables et les graviers.

d. La filtration :

Passage d'un mélange liquide solide à travers un milieu poreux (Filtre) qui retient les solides et laisse passer les liquides (filtrat) (**A. Iwema, et all 2005**).

e. La décantation :

Utilisant les forces de gravité pour séparer les particules de densité supérieure à celle du liquide en provoquant leur dépôt (**R. Bürger, W. Wendland, 2001**).

La décantation est la méthode de séparation la plus fréquente de MES et de colloïdes.

La décantation a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau, ces particules s'accumulent au fond du bassin de décantation qu'on extrait périodiquement. L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration (**Degremont, 1978**).

f. La centrifugation :

Opération de séparation par action de la force centrifuge, du mélange entraîné dans un mouvement de rotation (**D. Xanthoulis, 2004**).

g. La flottation :

Visant à séparer les phases solides des phases liquides par la poussée d'Archimède. En flottation naturelle, les floccs de faible densité remontent librement à la surface. La flottation assistée s'obtient par l'injection d'air (**A. Norström, 2005**).

I.2.2.2 Procédés physico-chimiques (coagulation-floculation)

Décantation c'est une séparation physique (liquide — solide), dont l'objectif est de retenir le maximum de matières en suspension présentes dans les eaux usées. Les matières en suspension que l'on peut habituellement éliminer par décantation font l'objet classique du traitement primaire.

La clarification globale des rejets nécessite l'élimination complémentaire de la pollution particulaire, colloïdale ou finement dispersée, qui peut être obtenue moyennant l'utilisation de réactifs chimiques lors d'un traitement par voie (physico-chimique) qui implique la mise en œuvre d'une (coagulation, floculation) en amont d'une séparation (solide, liquide) par décantation ou flottation. Certains types de stations ne comportent pas de traitement primaire. (**A. Kettab, 1992**)

Ces procédés couplent l'action chimique d'un réactif à une action physique. Pour faciliter le

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

dépôt des particules dans le fond du bassin, l'étape de peut-être couplée à deux étapes chimiques permettant d'agglomérer les particules et de les rendre plus lourdes :

a. La coagulation :

Est la première étape dans le processus de traitement physico-chimique des eaux, elle consiste essentiellement à neutraliser à diminuer la charge électrique et favoriser ainsi le rapprochement des particules en vue de leur agglomération (**Boursalil, 2011**).

b. La floculation :

La floculation est l'agglomération de particules déstabilisées en microfloc et ensuite en flocons plus volumineux que l'on appelle flocons. On peut rajouter un autre réactif appelé floculant ou adjuvant de floculation pour faciliter la formation de flocons (**F. Monette, et all, 2000**). Ces définitions précédentes peuvent être résumées dans la figure (N°1).

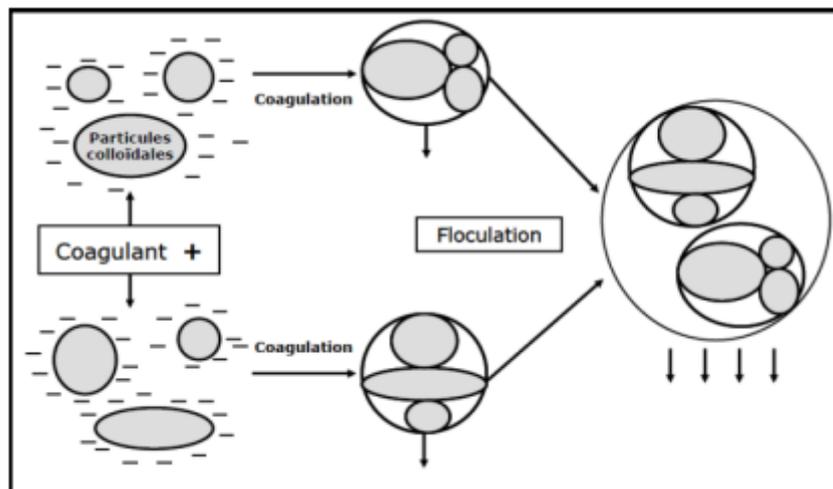


Figure N°1 : Coagulation-floculation

Source : HRH. De Léon, « Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable », Mémoire pour l'obtention de diplôme de docteur de l'institut national des sciences appliquées de Toulouse, 2006.

I.2.2.3 Procédés de traitement chimique :

Ce type de traitement utilise des réactifs chimiques qui agissent directement sur les métaux lourds, les matières organiques et les germes pathogènes. Ils sont très utilisés dans le traitement final des effluents. On peut citer les procédés suivants : (**M. Hadj Sadok, 1999**).

L'oxydation par des agents, telle que le chlore et l'ozone, agit sur les métaux, sur les matières organiques et détruit ou inactive totalement ou partiellement les germes vivants, les virus et les bactéries. Les échanges d'ions sont des procédés de substitution d'ions sur des résines spécifiques.

La neutralisation ou l'acidification agissent sur le pH de l'eau (**J. Berland, 2001**).

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

I.2.2.4 Procédés radiatifs :

Ces techniques peuvent être utilisées dans les opérations de décontamination de l'eau : **(M. Hadj Sadok, 1999)** les ultra-violetts irradient les cellules vivantes indésirables. Suivant la qualité d'énergie UV reçue, elles sont soit stérilisées (effet bactériostatique), soit détruites (effet bactéricide).

Le bombardement électronique est un dispositif basé sur l'exposition brève des eaux polluées à un fort flux d'électrons. La structure des éléments complexes est décomposée sous l'action des ions qui cassent leurs liaisons chimiques.

La décontamination bactériologique est réalisée par destruction des bactéries et des virus.

I.2.2.5 Procédés biologiques :

Le traitement biologique reproduit dans des réacteurs spécifiques le phénomène d'autoépuration qui se déroule naturellement dans les cours d'eau. Le principe consiste à mettre la matière organique contenue dans les eaux usées au contact d'une masse bactérienne. Celle-ci se nourrit des polluants et les dégrade **(C. Menoret, 2001)**.

I.2.3 La filière d'épuration

L'épuration d'un affluent résiduaire comporte plusieurs étapes, chacune spécifique aux caractéristiques particulières des éléments à traiter. À partir de la classification des procédés de base qui viennent d'être définis, en tenant compte du fait que ces procédés sont extrêmement imbriqués au cours du traitement et peuvent jouer des rôles différents en fonction du moment de leur mise en œuvre. On peut esquisser l'enchaînement des étapes d'épuration des eaux usées comme illustré dans le schéma fonctionnel (Figure N°2) **(M. Boumaaza, 2020)**.

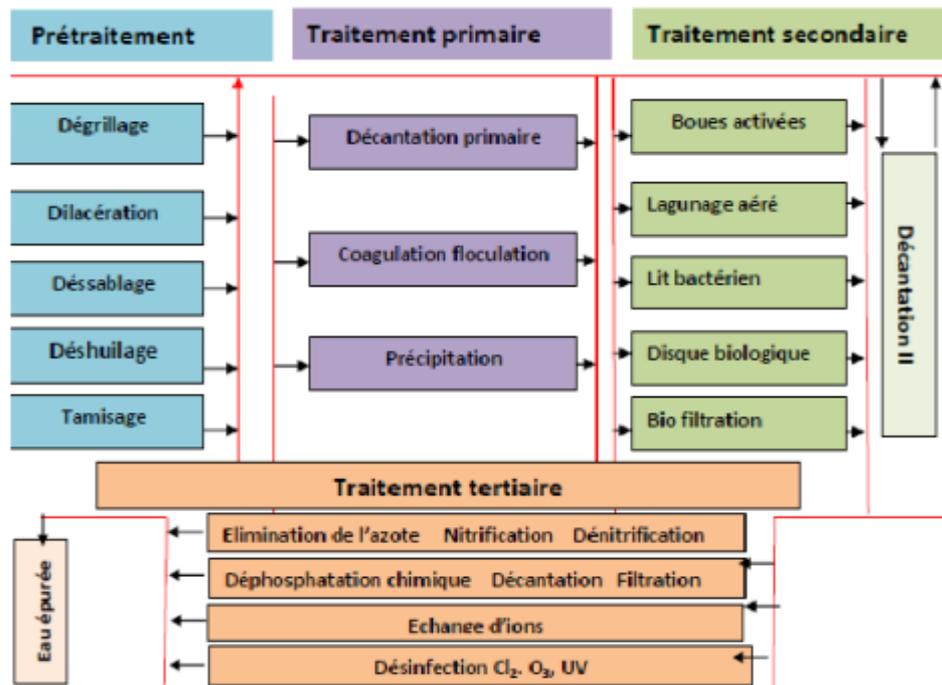


Figure N°2 : Chaîne ou filières de traitement des eaux usées

Source : M. Boumaaza, « Traitement et épuration des eaux », Université 8 mai 1945, Guelma, 2020.

I.2.4 Les traitements biologiques :

Le traitement biologique utilise les microorganismes naturellement présents dans l'eau, principalement les bactéries. Elles inhibent la matière organique biodégradable, matière naturelle ou micropolluants artificiels, en un produit plus simple et moins dangereux pour l'homme. Certains micro-organismes ont de grandes facultés de transformation métabolique et de décomposition des matières biodégradables (C. Menoret, 2001).

Le traitement biologique est largement utilisé dans la dépollution de l'eau et est donc la reconstitution d'un écosystème simplifié et sélectionné faisant appel à une microfaune de bactéries et de protozoaires. De ce fait, l'épuration biologique consiste à favoriser la prolifération de ces micro-organismes pour utiliser leurs propriétés remarquables dans les conditions les mieux adaptées au résultat désiré (J. Bolmstedt, 2000).

Suivant l'emplacement des bactéries épuratrices dans le bioréacteur, on distingue deux dispositifs : (M. Hadj Sadok, 1999)

I.2.4.1 Le procédé à cultures fixes :

Les micro-organismes sont fixés sur des supports. Le contact entre les eaux à traiter et les cellules épuratrices est assuré soit par arrosage des supports avec l'eau usée (lits bactériens), soit par rotation des supports dans le mélange pollué (disques biologiques).

Ces ouvrages permettent d'obtenir des concentrations en biomasse plus importantes et donc

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

des traitements intensifs avec une taille relativement faible, mais présentent des risques de colmatage ou d'émanation d'odeurs.

I.2.4.2 Le procédé à cultures libres :

Les micro-organismes sont maintenus en suspension dans le mélange à épurer. La biomasse entre ainsi constamment en contact avec les polluants. Ces dispositifs ont l'avantage d'avoir un traitement plus homogène et une meilleure maîtrise des facteurs d'épuration (apport de l'eau résiduaire et de masse bactérienne) comparés aux procédés à culture fixée. Suivant les conditions de l'environnement des cellules dans l'unité de dépollution, on distingue deux modes de traitement (**J. Berland, 2001**) :

I.2.4.3 Le traitement aérobie :

Ce type de traitement fait appel aux bactéries aérobies qui se développent en présence d'oxygène. La dégradation des polluants est effectuée par des réactions d'oxydation dans un milieu aéré.

I.2.4.4 Le traitement anaérobie :

Ce traitement s'effectue en condition d'anaérobiose c'est-à-dire en absence d'oxygène. Les bactéries anaérobies assurent la décomposition métabolique des composés biodégradables par des processus de fermentation. Parmi l'ensemble des procédés biologiques utilisés dans le traitement des eaux usées, on peut citer les principaux procédés suivants :

Les disques biologiques : Dans ce procédé, les micro-organismes sont fixés sur des disques à demi immergés et tournant lentement (quelques tours par minute) autour d'un axe horizontal. La biomasse est ainsi alternativement mouillée par les eaux résiduaires et aérée par l'air ambiant. Cette technique présente l'avantage d'être peu coûteuse en énergie, mais peut entraîner l'émanation d'odeurs.

Les boues activées : Ce système comprend deux compartiments principaux.

Le premier est le bassin d'aération où ont lieu les activités biologiques de transformation des polluants biodégradables par l'intermédiaire des micro-organismes en suspension.

Outre les matières organiques assimilées par les hétérotrophes, principaux constituants des boues activées, les composés azotés peuvent aussi être oxydés par des phénomènes de nitrification-dénitrification. (**MS Ouali, 2001**)

Les avantages et inconvénients des boues activées sont résumés sur le tableau (N°2).

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

Tableau N°2 : Les avantages et inconvénients des boues activées.

Source : H. El Haité, « Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation », thèse de doctorat, École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne, 2010

Avantages	Inconvénients
Emprise au sol réduit. Grande performance d'élimination de la DBO5, la DCO et les MES.	Coûts d'inversement élevée. Sensibilité aux variations de charge hydraulique et organique. Nécessité d'un entretien fréquent des ouvrages (main-d'œuvre qualifiée). Coût d'exploitation (énergétique) élevé. Faibles performances en matière d'élimination. Des agents pathogènes.

Les lits bactériens : Ce procédé aérobie à cultures fixées consiste à faire supporter les micro-organismes par des matériaux poreux. L'effluent est distribué par aspersion en surface et l'oxygénation est apportée par ventilation naturelle de bas en haut.

L'affluent arrive par la partie supérieure alors que l'effluent est évacué par le fond afin de ne pas perturber la fonction aérobie. De ce fait, ce système présente un inconvénient majeur, en ce sens qu'il nécessite un dispositif de relevage.

Le lagunage : Il s'agit d'un étang ou un système de lagunes mettant en œuvre une culture mixte algobactérienne. Suivant la profondeur du bassin, on peut distinguer différents régimes de fonctionnement.

II. Paramètres physico-chimiques :

II.1 les élément physico-chimiques :

II.1.1 La température :

La température est un élément écologique essentiel dans un environnement donné. Elle peut avoir un impact sur les résultats d'analyse, tels que la conductivité, qui sont liés à la température. Ainsi, il est crucial de mesurer la température de l'eau avec une grande précision, car cela peut affecter la solubilité des sels et des gaz, la dissociation des sels dissous, la conductivité électrique, la détermination du pH pour comprendre l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. En outre, la température peut agir comme un facteur physiologique qui influence le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau (**Brun, L. A., Maillet, J. et Veillette, J., 1995**).

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

II.1.2 Le PH

Le potentiel hydrogène (pH) est une caractéristique essentielle de l'eau qui est déterminée par la concentration d'ions hydronium (H^+) ou d'ions hydroxyde (OH^-) présents dans la substance. Lorsque ces deux ions sont en quantité égale, la substance est considérée comme neutre et son pH est de 7. Le pH d'une substance varie de 1 à 14, et une substance avec un pH supérieur à 7 est considérée comme basique tandis qu'une substance avec un pH inférieur à 7 est acide (OMS 2007).

Le pH est un facteur important dans la purification des effluents et le développement bactérien (Rodier j, Bernard I ; Nicole M 2005).

II.1.3 La conductivité :

La conductivité est la capacité d'un matériau à transporter un courant électrique. Dans les solutions, ce sont les ions qui sont responsables du transport de charge, tandis que dans les métaux, ce sont les électrons qui se déplacent. Plusieurs facteurs influencent la conductivité d'une solution, tels que la concentration, la mobilité des ions, la valence des ions et la température. Chaque matériau possède une conductivité spécifique qui peut varier considérablement en fonction des conditions. En ce qui concerne les solutions aqueuses, la conductivité peut varier de manière significative en fonction de la force ionique, allant des très faibles conductivités pour les eaux ultrapures aux très fortes conductivités pour les échantillons chimiques concentrés (Encyclopédie Universalis).

II.1.4 L'Oxygène dissous (O₂) :

La présence d'oxygène dissous dans l'eau est un élément crucial pour évaluer la qualité des milieux aquatiques. Ce gaz est introduit dans l'eau par deux principaux mécanismes : la dissolution de l'air au contact de l'eau et la photosynthèse des plantes aquatiques. Sa concentration joue un rôle vital pour les organismes vivant dans ces milieux, en particulier les êtres aérobies. Cette concentration est influencée par divers facteurs tels que la température, la pénétration de la lumière, la salinité et la vitesse d'appauvrissement en oxygène dues aux activités des organismes aquatiques ainsi que les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau. (Wetzel, R. G. & Likens, G. E. 1991)

II.1.5 Matière en suspension :

Les matières en suspension désignent les particules extrêmement fines qui ne se dissolvent pas dans l'eau, telles que le sable, l'argile, les produits organiques, les particules de polluants et les micro-organismes, qui donnent à l'eau un aspect trouble ou une turbidité. (Metahri, 2012) Elles représentent la fraction des particules organiques (MVS) ou minérales (MMS) non dissoutes de la pollution, et sont un paramètre important pour mesurer le degré de pollution d'un effluent urbain ou industriel. Les MES sont déterminées en additionnant les MMS et les MVS selon la formule suivante : $MES = MMS + MVS$ (donnée de la 2023).

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

II.1.6 La demande chimique en Oxygène (DCO) :

La mesure de la Demande chimique en Oxygène (DCO) est utilisée pour estimer la concentration de matières organiques ou minérales, qu'elles soient dissoutes ou en suspension dans l'eau, en déterminant la quantité d'oxygène requise pour leur oxydation chimique complète. En évaluant la DCO, il est possible de quantifier la pollution par les matières organiques dans les eaux usées avant et après un traitement physique, chimique ou biologique. Cela permet de surveiller le fonctionnement d'une station d'épuration et l'activité des micro-organismes impliqués dans le processus de traitement (**Xanthoulis, 1993**).

II.1.7 La demande biologique en Oxygène (DBO) :

La quantité d'oxygène en mg/l nécessaire pour décomposer les matières organiques dans les eaux usées, grâce à l'action des microorganismes présents dans l'eau. Cette quantité est mesurée en observant la consommation d'oxygène à 20 °C dans l'obscurité, lors de l'incubation d'un échantillon préalablementensemencé pendant 5 jours. Ce temps est suffisant pour que l'oxydation biologique des matières organiques carbonées ait lieu. La réaction chimique se résume comme suit :

Substrat + micro-organismes + O₂ → CO₂ + H₂O + énergie + biomasse. (**Bounoua et al., 2017**).

II.1.8 L'azote :

Il existe diverses formes d'azote. Pour le traitement des eaux usées, les principales formes d'azote à prendre en compte sont : l'azote total (TN), l'azote total de Kejel Dahl (NTK), l'ammoniac (NH³), l'azote organique (ORG-N), les nitrates (NO³) et les nitrites (NO²). Les concentrations de ces formes d'azote sont exprimées en mg/l (**Bettache, 2013**).

L'azote total de Kejel Dahl (NTK) correspond à la somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique, mais ne prend pas en compte l'azote des nitrates ou des nitrites (**Bettache, 2013**). En d'autres termes, NTK = NH³ + org-N.

L'azote total (NT) correspond quant à lui à la somme de l'azote des nitrates (NO³⁻), des nitrites (NO²⁻), de l'azote ammoniacal (NH³-N) et de l'azote organique (**Bettache, 2013**). Autrement dit, NT = NTK + NO³ + NO².

L'azote ammoniacal joue un rôle important dans le cycle de l'azote. L'ammoniac (NH³) est initialement un gaz qui peut se dissoudre dans l'eau et se transformer en une forme non liée ou ionisée (NH⁴⁺) en fonction du pH. Les réactions avec l'eau sont également influencées par la température et peuvent être représentées de manière réversible comme suit : NH³ + H₂O → NH⁴OH → NH⁴⁺ + OH⁻. Cette description est issue de (**Resjeck en 2002**).

II.1.9 Nitrites :

L'azote nitreux (NO²⁻) provient d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables.

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

Et se transforment rapidement en nitrates. Les nitrites sont toxiques pour l'organisme humain, sa présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau, ils sont dosés suivant la méthode colorimétrique.

Les composés chimiques connus sous le nom de nitrates et de nitrites sont étroitement liés.

Les ions nitrites (NO^{2-}) occupent une position intermédiaire entre les ions ammonium (NH_4^+) et les ions nitrates (NO_3^-). Les bactéries nitrifiantes, également appelées nitrosomonas, sont responsables de la conversion de l'ammonium en nitrites lors d'un processus appelé nitrification, qui requiert une quantité considérable d'oxygène. En revanche, la réduction bactérienne des nitrates, connue sous le nom de dénitrification, est responsable de la formation de nitrites. Bien que les nitrites soient présents à des concentrations très faibles, ils peuvent être toxiques pour les organismes aquatiques et agir comme un poison dangereux. En outre, leur toxicité augmente avec la température. **(Rodier j, Bernard I, Nicole M, 2005)**

II.1.10 Nitrates :

Le processus d'oxydation de l'azote organique dans l'eau aboutit à la formation de nitrates (NO_3^-).

Les nitrobactéries, également connues sous le nom de bactéries nitrifiées, sont responsables de la conversion des nitrites en nitrates. Bien que les nitrates eux-mêmes ne soient pas toxiques, une concentration élevée de ces composés peut causer la prolifération d'algues, conduisant ainsi à l'eutrophisation de l'environnement. Il convient de souligner que leur potentiel de danger est lié à leur conversion en nitrates **(Rodier J, 2009)**

Les eaux naturelles contiennent des nitrates qui proviennent en grande partie de l'écoulement des eaux sur le sol du bassin versant, dans lequel la nature joue un rôle crucial dans leur présence. Cependant, l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. En général, les concentrations naturelles de nitrates dans les eaux de surface ne dépassent pas 3 mg/L, tandis que dans les eaux souterraines, elles se situent autour de quelques mg/L. Au fil des années, certaines régions ont connu une augmentation de la teneur en nitrates, allant jusqu'à 2 mg/L/an, avec une hausse de 0,5 à 1 mg/L. Cette augmentation a plusieurs origines, notamment l'agriculture intensive, qui représente les deux tiers de l'apport en nitrates dans le milieu naturel, en raison de l'utilisation massive d'engrais azotés et de la production d'effluents d'élevage.

Les activités urbaines contribuent également à cette augmentation, notamment les rejets des stations d'épuration, qui ne parviennent pas à éliminer complètement l'azote, libérant ainsi des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel. Enfin, les industries minérales, notamment la fabrication d'engrais azotés, représentent environ un neuvième des apports totaux de nitrates. **(Resjeck, 2002)**

II.1.11 Le Phosphore :

Les matières contenant du phosphore peuvent être soit organiques soit minérales et contiennent des atomes de phosphore. Elles ont deux sources principales, qui sont

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

approximativement équivalentes :

le métabolisme humain et les détergents. Lorsqu'elles se retrouvent dans les eaux usées, le phosphore peut se présenter sous forme d'ions orthophosphate isolés, d'ions de phosphate condensé entre eux (polyphosphates) ou encore de groupements phosphates liés aux molécules organiques (**Rejsek, 2002**). le phosphore est l'un des facteurs limitants pour la croissance des plantes et sa libération dans l'environnement récepteur favorise le processus d'eutrophisation (**Rejsek, 2002**).

L'apport journalier moyen de phosphore dans les eaux rejetées est d'environ 2,5 à 3 g par habitant (**Degrémont, 2005**).

II.1.12 Les métaux lourds :

Les eaux usées urbaines contiennent des quantités infimes de métaux lourds, qui comprennent à la fois des métaux essentiels pour les organismes vivants, tels que le cuivre, le zinc et le chrome en petite quantité, ainsi que d'autres qui ont souvent des effets toxiques, même à des concentrations minimales, tels que le plomb, le mercure, l'arsenic et le cadmium. La présence de ces métaux peut nuire à l'activité des micro-organismes, ce qui perturbe le processus d'épuration biologique.

II.2 Paramètres organoleptiques et bactériologiques :

II.2.1 La Turbidité :

La turbidité se réfère à la diminution de la clarté d'un liquide causée par la présence de matières non dissoutes. Dans le contexte des eaux, elle est généralement provoquée par la présence de matières en suspension (MES) fines telles que des argiles, des limons et des microorganismes.

En outre, une proportion faible de la turbidité peut être attribuée à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. La turbidité est mesurée à l'aide d'un instrument appelé turbidimètre. (**Bontonx. J, 1993**)

II.2.2 Couleur et odeur :

La définition de l'odeur consiste à percevoir différentes substances volatiles par l'intermédiaire de l'organe olfactif, et chaque substance provoque une sensation olfactive particulière. Dans le cas de l'eau destinée à la consommation, il est essentiel qu'elle soit inodore, car toute odeur perçue peut indiquer la présence de polluants ou de matière organique en décomposition. Ces substances sont souvent en quantités si minimes qu'elles ne peuvent être détectées par des méthodes d'analyse conventionnelles. (**Rodier J et coll., 2005**)

La coloration joue un rôle important dans la « pollution esthétique », dont les causes peuvent être diverses. Elle peut avoir une origine naturelle, lorsque des eaux riches en minéraux contiennent des substances humiques très colorées.

Elle peut également être due à l'eutrophisation, qui se produit lorsqu'une prolifération

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

d'algues ou de bactéries colore l'eau en vert ou en rouge. Enfin, la coloration peut être causée par des produits chimiques tels que des colorants, des phénols et des pigments chlorophylliens utilisés dans l'industrie agroalimentaire. (**Gaujous D, 1995**)

II.2.3 Paramètres bactériologiques :

En raison des conditions environnementales prévalant dans les zones urbaines, la prolifération de divers germes pathogènes y est particulièrement favorisée. Les eaux usées issues des excréments d'origine humaine ou animale constituent une source importante de ces organismes pathogènes. Selon Gaid (1984), ces eaux usées sont porteuses d'une multitude d'organismes vivants. Ces organismes peuvent être classés en quatre grands groupes selon leur taille, allant des virus aux helminthes, en passant par les bactéries et les protozoaires (**Bamont et al., 2004**).

- les virus sont des parasites intracellulaires qui ont besoin d'une cellule hôte pour se multiplier.

-Les bactéries, quant à elles, sont des organismes unicellulaires simples sans noyau. Bien que la plupart des bactéries soient inoffensives, une minorité d'entre elles sont pathogènes, telles que les coliformes, les streptocoques fécaux et les bactéries sulfito-réductrices.

-Les protozoaires, organismes unicellulaires plus complexes et plus grands que les bactéries, sont également principalement des parasites pathogènes. Certains protozoaires forment des kystes au cours de leur cycle de vie, une forme qui peut résister aux traitements des eaux usées.

- les helminthes sont des vers multicellulaires, également majoritairement des parasites. Leurs œufs sont très résistants et peuvent survivre pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois, sur les sols ou les plantes cultivées (**Baumont et al., 2004**).

II.3 L'impact des eaux usées :

II.3.1 L'impact sur l'environnement

Le rejet direct des eaux usées dans l'environnement présente de nombreux risques pour la survie des organismes vivants et l'équilibre écologique. Par exemple, la présence excessive d'azote et de phosphore entraîne un phénomène connu sous le nom d'eutrophisation, favorisant la prolifération de végétaux et réduisant la quantité d'oxygène dissous. Cela entraîne à long terme la mort de nombreux organismes aquatiques tels que les poissons et les crustacés. De plus, la présence de métaux lourds tels que le mercure et l'arsenic dans ces eaux peut avoir des effets néfastes sur les organismes les plus sensibles en raison de leur toxicité, même à de faibles doses.

Cela provoque des perturbations et des dysfonctionnements dans leurs fonctions physiologiques telles que la nutrition, la respiration et la reproduction.

Cet exemple est illustré dans les Pyrénées-Orientales, en France (**Chemistry and Ecology, 2009**).

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

Lorsque les eaux usées sont rejetées sans traitement, elles entraînent des dommages environnementaux et des coûts externes, ce qui empêche de profiter pleinement de leurs avantages potentiels. Un argument économique en faveur de l'amélioration de la gestion des eaux usées est qu'il est possible de minimiser les conséquences négatives et de maximiser les bénéfices qu'elles peuvent apporter. Considérer les eaux usées comme une ressource économique permet de reconnaître leur valeur positive pour ceux qui les produisent et ceux qui les utilisent. **(PNUE, 2016).**

Le rejet d'eaux usées non traitées dans l'environnement a un impact sur la qualité de l'eau, ce qui a des répercussions sur la disponibilité des ressources en eau pour un usage direct. La préoccupation concernant la qualité de l'eau est une dimension cruciale de la sécurité hydrique mondiale.

Depuis 1990, la pollution de l'eau a augmenté dans la plupart des fleuves en Amérique latine, en Afrique et en Asie, principalement en raison de l'augmentation des quantités d'eaux usées liée à la croissance démographique, au développement économique, à l'expansion de l'agriculture et au rejet d'eaux usées non traitées ou insuffisamment traitées **(PNUE, 2016)**. Une gestion inadéquate des eaux usées a également un impact direct sur les écosystèmes et les services qu'ils fournissent. **(Corcoran, E., Nellemann 2010).**

La croissance des zones mortes désoxygénées, qui couvrent désormais environ 245 000 km² d'écosystèmes marins, peut être partiellement attribuée à la décharge d'eaux usées non traitées dans les mers et les océans. Cette pratique a un impact néfaste sur la pêche, les moyens de subsistance locaux et les chaînes alimentaires **(Corcoran, E., Nellemann 2010)**.

II.3.2 L'impact sur la santé humaine

L'eau est essentielle à la survie de l'humanité. Cependant, le manque ou la mauvaise qualité de l'eau entraînent de nombreuses maladies, particulièrement dans les pays en développement où 80 % des affections sont liées à l'eau **(Carstea E.M. Baker A 2009)**.

Les maladies hydriques se répartissent en six catégories distinctes :

- Maladies transmises par l'eau, telles que les parasites, les bactéries et les virus.
- Infections cutanées et oculaires résultant d'une pénurie d'eau.
- Maladies causées par des organismes aquatiques invertébrés.
- Maladies transmises par des insectes qui prospèrent près de l'eau.

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), chaque année, 4 milliards de cas de diarrhée, ainsi que des millions d'autres cas de maladies, sont attribuables à un accès insuffisant à de l'eau potable. Les diarrhées entraînent la mort de 1,7 million de personnes chaque année, principalement des enfants de moins de cinq ans. Les maladies liées à l'eau ont un impact considérable sur la santé humaine, tout comme la pollution causée par les produits chimiques rejetés dans l'eau en raison des activités humaines. Selon l'UNICEF, 60 % de la mortalité infantile mondiale est due à des maladies infectieuses ou parasitaires, principalement causées par la pollution de l'eau **(Holbrook R.D 2006)**.

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

Il est vrai que les installations d'assainissement domestique ont connu une nette amélioration depuis 1990, cependant les risques pour la santé publique persistent en raison de divers facteurs. Parmi eux, on compte une mauvaise étanchéité, des fuites lors de la vidange et du transport, ainsi qu'un traitement inefficace des eaux usées. Selon les estimations, seulement 26 % des services d'assainissement et de traitement des eaux usées en milieu urbain, et 34 % en milieu rural, parviennent à prévenir efficacement le contact humain avec les matières fécales tout au long de la chaîne d'assainissement. Ces chiffres indiquent que seule une proportion limitée de ces systèmes est gérée de manière sécurisée (**Hutton 2016**).

Les pays présentant une faible disponibilité de services d'eau et d'assainissement, une utilisation informelle élevée d'eaux usées non traitées dans la production alimentaire, ainsi qu'une dépendance courante à l'égard de l'eau de surface contaminée pour la consommation et les loisirs, sont confrontés à une prévalence importante de maladies liées aux eaux usées et à l'assainissement.

En 2012, ces conditions ont entraîné environ 842 000 décès dans les pays à revenu moyen et faible, principalement dus à la consommation d'eau potable contaminée, à un manque d'installations adéquates de lavage des mains et à des services d'assainissement inappropriés ou insuffisants (**OMS, 2014**).

Les eaux usées qui entrent dans une station de traitement, ainsi que les effluents (c'est-à-dire les eaux usées traitées qui sont rejetées par la station), possèdent des caractéristiques qui les rendent aptes à être réintégrées dans des écosystèmes naturels tels que les lacs ou les rivières, ou bien à être soumises à un traitement supplémentaire pour être transformées en eau potable. (**Madigan Met Martinto J., 2007**)

II.3.3 Impact sur l'environnement et la santé humaine :

Le déversement d'eaux usées non traitées ou insuffisamment traitées dans l'environnement engendre une contamination des eaux de surface, du sol et des nappes phréatiques. Une fois relâchées dans les plans d'eau, ces eaux usées sont diluées et transportées en aval ou s'infiltrent dans les aquifères, affectant ainsi la qualité et la disponibilité des sources d'eau douce. Les fleuves et les lacs finissent souvent par déverser les eaux usées dans l'océan. Les effets des rejets d'eaux usées non traitées ou mal traitées peuvent être divisés en trois catégories :

« Les conséquences néfastes pour la santé liées à une diminution de la qualité de l'eau. »

« Les conséquences négatives pour l'environnement dues à la dégradation des ressources en eau et des écosystèmes. »

« Ainsi que les impacts éventuels sur les activités économiques » (**PNUE, 2015**).

II.3.4 Évaluation de l'indice de risque des eaux usées sur la santé publique en Algérie :

Lorsque nous réalisons une évaluation environnementale, il est essentiel de considérer la santé comme un élément clé.

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les traitements d'épuration

Les facteurs contextuels qui peuvent être pertinents pour déterminer l'importance des impacts environnementaux incluent principalement les populations vulnérables susceptibles d'être touchées par ces impacts, telles que les enfants et les personnes âgées.

Il est également important de prendre en compte l'ampleur et la durée, la fréquence et la possibilité de répétition de ces impacts. (CFPTHMT, 2005)

En Algérie, l'eau destinée à un usage domestique doit respecter des normes établies par l'ADE (Algérienne Des Eaux), concernant ses caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques.

Conclusion

La pollution des eaux usées est un problème mondial qui nécessite la mise en place de systèmes de collecte, de traitement et de gestion adéquats. Les usines de traitement des eaux usées et les technologies associées jouent un rôle essentiel dans l'élimination ou la réduction des polluants avant leur rejet dans l'environnement. Cependant, pour assurer une utilisation durable des ressources en eau, il est également nécessaire d'établir des réglementations strictes, des politiques de conservation de l'eau et des mesures de sensibilisation. L'analyse physicochimique des eaux usées est un outil essentiel pour évaluer la qualité et la composition des eaux usées, fournissant des informations précieuses pour la prise de décisions éclairées sur le traitement et la gestion des eaux usées, ainsi que pour surveiller l'efficacité des procédés de traitement et garantir le respect des normes de qualité de l'eau.

CHAPITRE II :
ETUDE
PRATIQUE

Introduction:

Après avoir discuté de l'aspect théorique des traitement d'épurations d'eau usée dans le premier chapitre et les paramètres physico-chimiques de l'eau dans le deuxième chapitre, dans lequel nous avons traité tous les aspects qui s'y rapportent.

Et nous allons passer au côté pratique du sujet que nous avons traité, et nous avons choisi la station de traitement de Ain Temouchent sur laquelle nous allons appliquer le côté théorique de cette étude durant la période (2022-2023).

De ce qui précède, nous avons divisé ce chapitre en deux parties la première partie

Présentation de la station d'épuration Ain Temouchent et la deuxième partie les analyses physico-chimiques.

I. Présentation de la station d'épuration ain temouchent

I.1 Définition d'une Station d'épuration :

C'est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques et les eaux pluviales avant le rejet dans le milieu naturel, Le but du traitement est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur.

Une station d'épuration est généralement installée à l'extrémité d'un réseau de collecte, Elle peut utiliser plusieurs principes, physiques et biologiques.

Le plus souvent, le processus biologique car il fait intervenir des bactéries capables de dégrader les matières organiques la taille et le type des dispositifs dépendent du degré de pollution des eaux à traiter.

Une station d'épuration est constituée d'une succession de dispositifs , conçus pour extraire en différentes étapes les différents polluants contenus dans les eaux ,La pollution retenue dans la station d'épuration est transformé sous forme de boues .La succession des dispositifs est calculée en fonction de la nature des eaux usées recueillies sur le réseau et des types de pollutions à traiter .

I.1.1 Présentation de la STEP d'Ain T'émouchant :

La station hydro- traitement situé à la sortie de la ville d'Ain T'émouchant et implanté sur la route numero W67, Le dimensionnement pour la construction de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Ain T'émouchant à été réalisé pour l'horizon de l'année 2015 pour pouvoir traiter un débit de 10.920 m³/j qui correspond à 82000 habitant , soit pour la construction de génie civil , soit pour la fourniture et montage des équipements électromécaniques , avec possibilité d'extension à l'horizon de 2030 pour pouvoir traiter un débit de 13500 m³/j à 11 9000 habitants.

La station d'épuration d'Ain T'émouchent du type biologique à boues activées à faible charge avec traitement tertiaire pour l'élimination du phosphore (**DONNEE DE LA STEP AIN - TEMOUCHENT 2023**)

I.1.2 Situation géographique

Le présent mémoire a pour objet, la description du procès retenu dans l'offre technique pour la Réalisation de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Aint Temouchent par le Groupement HYDRO-TRAITEMENT/COMSA .

L'offre a été réalisée selon l'appel d'offres lancé par la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de AINT TEMOUCHENT.

La station d'épuration d'Ain Temouchent est localisée au nord de la ville, à proximité de la route TARGA . Elle est bordée à l'est par le poste de police de la ville, au sud par la route nationale RN02 en direction d'Oran, au nord par l'oued Sarrane et à l'ouest par des habitations. Mise en service en 2013, elle est actuellement gérée et exploitée par l'Office National de l'Assainissement. **(DONEY DE LA STEP AIN TEMOUCHENT 2023)**



Figure N°3 Situation géographique de la step ain temouchent (GOOGLE MAP).

I.1.3 Les Caractéristiques de la STEP d'Ain T'émouchent :

- a). Capacité de traitement :

Chapitre II: ETUDE PRATIQUE

Tableau N° 3 : Capacité de traitement (DONNEE DE LA STEP AIN TEMOUCHENT 2023)

Parameter	2015	2030
Population	72.800	90.000
Equivalent Habitant	82.000 Hab.	119.000 hab.
Débit moyens journaliers	10920 M ³ /j	13500 M ³ /j
Débit moyen	455 M ³ /h	562.5 M ³ /h
Débit de pointe (de tps de pluie)	1365 M ³ /h	1687.5 M ³ /h

b). Capacité de traitement des charges polluantes :

Tableau N° 4: Capacité de traitement des charges polluantes (donnees de la step aint temouchent).

Désignation	Concentration à l'entrée (kg/J) 2015	Concentration à l'entrée (kg/J) 2030
MES	873	1080
DBO5	50	50
DCO	90	90
NTK	873	1080
PT	4365	540

c). Qualité de l'effluent :

Tableau N° 5: Qualité de l'effluent (donnees de la step aint temouchent)

Désignation	Concentration à l'entrée (mg/l)	Concentration à la sortie (mg/l)
MES	400	30
DBO5	333	30
DCO	600	90
NTK	80	10
PT	40	2

I.1.4 Le Fonctionnement de la STEP

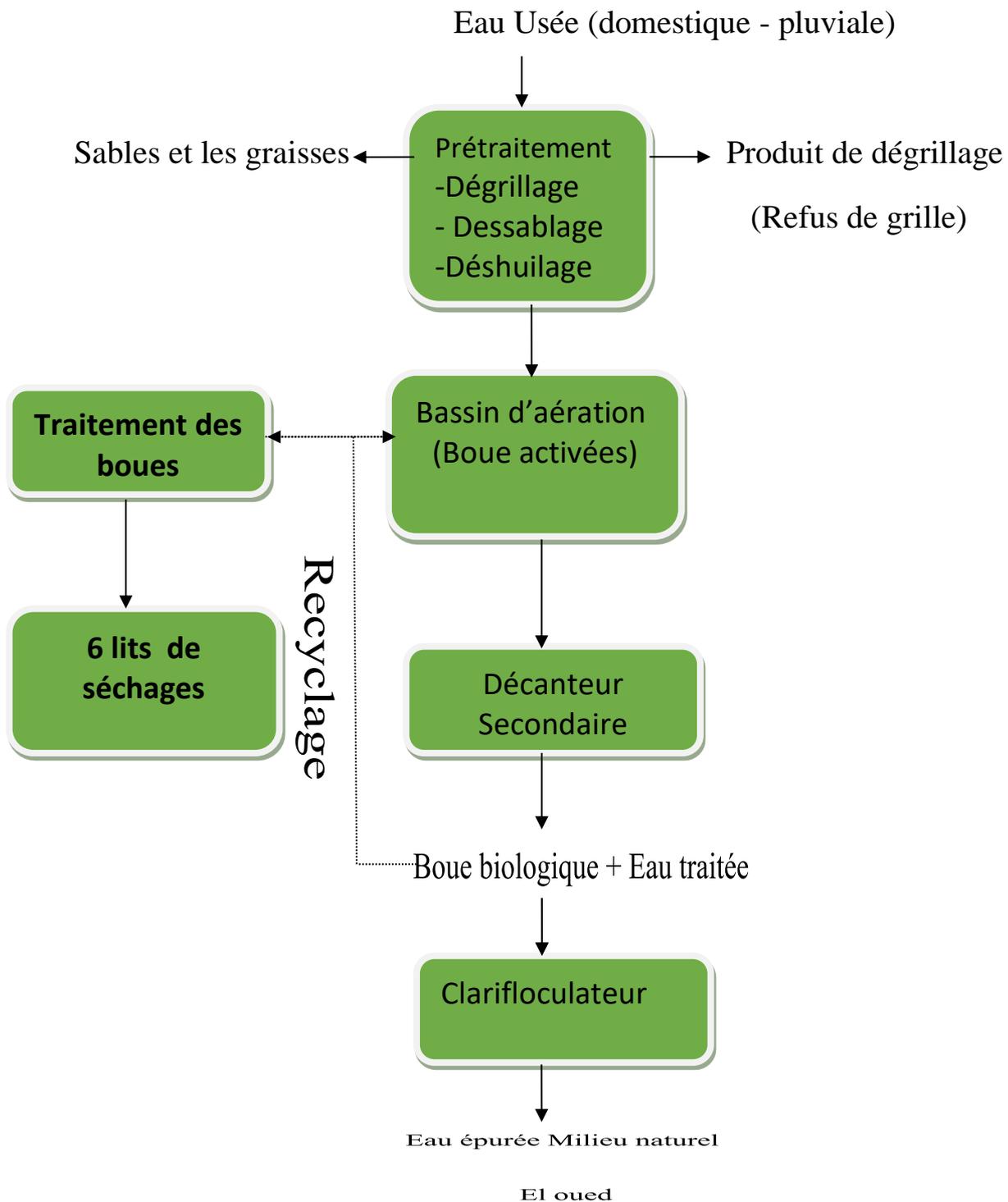


Schéma de fonctionnement d'un traitement dans la station d'épuration de AIN TEMOUCHENT par Boues

(DONNEE DE LA STEP AIN TEMOUCHENT 2023)

I.2 Descriptif des ouvrages

Les eaux usées et pluviales provenant de la ville d'Ain t'émouchant sont véhiculées actuellement par un collecteur de diamètre 1250mm jusqu'au déversoir d'orage .

De ce déversoir les eaux usées diluées seront véhiculées gravitaire ment vers la STEP (puits de réception) par une conduite de diamètre 800 mm en béton et sur une longueur de 250m.

Les eaux excédantes au débit pointe temps pluie, seront déviées latéralement vers l'oued par le biais d'un canal de longueur de 6 m.

I.2.1 Prétraitement:

le Prétraitement comprend deux étapes principaux:

- a. **Dégrillage:** Pendant le processus de dégrillage, les eaux usées sont filtrées à travers une grille don't l'espacement entre les barreaux varie, permettant ainsi de retenir les matières les plus volumineuses. Ces éléments sont ensuite éliminés en même temps que les ordures ménagères. Le tamisage, qui utilise des grilles à espacement plus étroit, peut également être utilisé pour compléter cette étape de prétraitement, mais il génère une quantité beaucoup plus importante de déchets



Figure N°4 : Batiment de prés traitement (Dégrillage) (2023).

- **Grille vertical mobile de secours :** Avant la grille grossière on a prévu une barrière à translation vertical à utiliser uniquement pendant la période d'entretien de la grille mécanisée les manœuvres d'abaissement et relevage de la barrière de secours sont assurées par un treuil manuel .La grille verticale de secours est réalisées en acier inoxydable (largeur utile 850 mm, hauteur 1000 mm ; épaisseur des barreaux 15 mm espacement des barreaux 48 mm).
- **Grille mécanisée grossière :** La grille mécanique grossière motorisée pour le prétraitement est du type vertical, elle est réalisée en AISI 304 et fonctionne automatiquement (largeur 1000mm, espacement entre barreaux 36 mm, Epaisseur des barreaux 30x12mm).

Cette grille a pour but d'éliminer tous les éléments de dimension importante afin d'éviter l'obstruction des ouvertures du piège à sable et de celles des grilles fines.

Les déchets récupérés par la grille grossière sont repris par un convoyeur à vis en acier et évacués afin d'éviter l'émanation des mauvaises odeurs.



Figure N°5 : Batiment de prés traitement (Dégrillage grossière .3

- **Piège à sable :** Pendant la période de pluie, par effet du ruissellement superficiel, d'importantes quantités des éléments inertes et sable sont charriées dans la station, le piège prévu à pour but de récupérer à travers une série d'ouvertures tous les éléments qui par l'effet de leur poids et dimensions se déplacent dans le fond du canal .Par gravité les corps retenus sont récupérés dans une trémie située au dessous du canal et évacués par une pompe vers le laveur de sable.

Les eaux de lavage contenant des particules organique sont évacuées par gravité dans le collecteur principal tandis que les sables déchargés dans une benne pour être envoyé dans une décharge publique.

- **Grilles mécanisée fines :** Au nombre de deux avec possibilité d'exclure l'une ou l'autre par des batardeaux qui seront placées en amont et en aval, l'utilisation d'une ou de deux grilles dépend du debit,Ces deux unités ont pour but d'éliminer tous les solides ayant les dimensions supérieurs à 3 mm.



Figure N°6: batiment de prés traitement Dégrillage fines (2023).

- **Contrôle du débit d'eaux prétraitées à ultrason** : En amont de la station de relevage, on a prévu un débitmètre ultrasonique sur canal à ciel ouvert qui a la fonction de contrôler les débits maximum et minimaux qui sera placé dans un compartiment adjacent au bloc de la station



Figure N°7 : Contrôle du débit d'eaux prétraitées à ultrason (2023).

- b. **Le Relevage** : Avant que les eaux passent à la phase suivante elles sont relevées par la station de relevage qui est située à un niveau bas du local de dessablage- déshuilage .

En amont de la station de relevage on a prévu un débitmètre ultrasonique sur canal à ciel ouvert qui a la fonction de contrôler les débits maximaux et minimaux qui sera placé dans un compartiment adjacent au bloc de la station.

- **station de relevage** :

La station de relevage est constituée par 4 pompes submergées dont 3 en service et 1 en réserve , leur présentation est apte à satisfaire le maximum du débit pointe en temps de pluie ayant chacune un débit de 500 m³/h et un rendement égale à 70% pour la période 2030 on prévoit l'installation de deux nouvelles pompes (dont 1 de réserve) ayant une capacité chacune de 270 m³/h .L'ouvrage sera prévu au départ pour recevoir la totalité des pompes .



Figure N°8 : station de relevage (2023).

- c. **Déssableur/ Dégraisseur** : Il est toujours à craindre une présence importante de sable , graisses et d'huile pouvant gêner voir freiner le fonctionnement de l'installation . Dans cette phase de prétraitement , il est prévu l'installation d'un équipement pour le dessablage et le déshuilage. Les eaux usées relaves par les pompes submersibles sont déversées dans l'ouvrage répartiteur pour l'alimentation par gravité des deux déssableurs-déshuileurs .

A l'entrée des déssableurs -déshuileurs et dans le même ouvrage est prévue une zone de répartition de débit avec le but de partager le débit entre les deux lignes de dessablage.



Figure N°9 : Déssableur –Dégraisseur (2023).

– **Répartiteur de débit à la sortie des dessableurs :**

Les deux sections biologique ainsi que le future ligne seront alimentées par des tuyaux en acier (DN600) reliant un répartiteur à 3 section exécutées dans l'ouvrage des dessableurs .Les deux lignes sont équipées d'une vanne à commande manuelle.

I.2.2 Traitement Biologique à boues activées

- a. **Ouvrages d'aération** : Les eaux prévenant du répartiteur et qui ont été mélangées avec les boues de recyclage, sont réunies dans le canal de distribution avec la liqueur aérée ayant de pénétrée dans le bassin de dénitrification .
- b. **Décanteur secondaire** : Pour chaque ligne est prévu un clarificateur circulaire à traction périphérique ayant un diamètre 30 met une hauteur total de 4,5 m .Le décanteur est équipé d'un racleur de fond d'un déflecteur central de distribution radiale , d'une lame superficielle pour l'évacuation des écumes vers la boite à écumes reliées reliée à un puits ; une pompe assura l'évacuation de ces écumes.



Figure N°10: Décanteur secondaire (2023).

- c. **Clarifloculateur** : La floculation est un processus d'agrégation en flocons des particules déstabilisées dans la précédente phase de coagulation .Une bonne floculation doit faire intervenir toutes les particules de façon que la phase qui suit donne lieu à un liquide absent des solides en suspension .La floculation s'effectue dans des appareils appelés floculateurs qui sont constitués par des bassins dont le volume correspondant à un temps de rétention variable entre 15 et 30 minutes , ils sont équipés de mélangeurs lents créant ainsi les conditions de rencontre des flocons en phase de formation. Les deux opérations de mélange floculation et sédimentation peuvent être réalisées dans une unité unique appelée clarifloculateur.

Les clarificateurs utilisés pour ce but sont de deux types à recyclage des boues et à lit des boues, le temps global de rétention ne dépasse pas les 2-2,5 heures la charge superficielle peut atteindre un maximum de 4 à 5 m³/m²h, Un diamètre de 22 m et une hauteur total égal à 4 m .La position des clarifloculateurs se justifient par le fait que les eaux usées à traiter ont une forte charge de phosphore.

Un traitement direct à la sortie des bassins d'oxydation aurait par conséquent les effets suivant :

- Recyclage des boues très acide dans les bassins de dénitrification aura pour conséquence l'arrêt du processus de nitrification .
- Pour éviter ce phénomène il est nécessaire de ramener la valeur du PH en phase neutre en utilisant importantes quantités de chaux .en adoptant tel principe la quantité des boues augmentera proportionnellement au dosage du chlorure ferrique et de chaux (ces augmentation de la quantité des boues pourraient atteindre plus que trois fois la valeur normal).



Figure N°11: Clarificateurs (2023).

d. Recyclage des boues : L'opération de recyclage est assurée par une pompe submergée et par une pompe de réserve placées dans un puits et ayant chacune les caractéristiques suivantes :

- Débit unitaire 446 m³/h hauteur manométrique 6.5 m dans ce même puits on prévu deux pompes dont une en réserve pour l'évacuation des boues excédantes vers l'épaississeur les caractéristiques de ces pompes sont : débit de 32 m³/h hauteur manométrique total de 6.5 m .La concentration maximal des boues en extraire du clarificateur st environ de 0.8%.
- Dans chaque ligne de recyclage on a prévu un débitmètre à induction électromagnétique accouplé à une vanne motorisée pour permettre possibilité d'adapter le débit de recyclage en fonction de celui à l'entrée de la STEP .

e. Traitement des boues : Le processus de dépollution des eaux usées urbaines produit d'un coté de l'eau épurée de l'autre des sous produits en grande quantité :

les boues représentant chaque jour un volume considérable ces boues doivent trouver une destination en continu au même titre que les eaux débarrassées de leur pollution retournent en permanence dans le milieu naturel .

Un blocage même momentané du processus qu'il intervienne au niveau de la filière de traitement des boues ou au niveau de leur évacuation peut rapidement avoir des conséquence néfastes sur la dépollution elle-même et donc sur l'environnement .

f. Epaissement des boues : Ce traitement est le premier stade d'une réduction importante du volume boues issues du traitement biologique-chimique des effluents urbains .

Pour pouvoir optimiser aussi bien le dimensionnement que la fiabilité. la sécurité et la régularité d'exploitation des postes de traitement située en aval.

Le stade de concentration préliminaire de la boue va jouer un rôle primordial et il est indispensable d'obtenir le meilleur taux d'épaississement possible les intérêts de

Chapitre II: ETUDE PRATIQUE

l'épaississement sont multiples et nous citons les plus importantes.

La réduction des volumes des ouvrages :

- L'augmentation de la production de tous les dispositifs de déshydratation mécanique
- La création dans le cas d'un épaississement par décantation d'un volume tampon entre la chaîne de traitement de l'eau et celle des boues qui permet d'améliorer notablement la sécurité de l'exploitation.

Les différentes techniques utilisées pour réaliser l'épaississement des boues sont la décantation (ou sédimentation par gravité).

Le système le plus utilisé pour la concentration des boues est celui de l'épaississement mécanisé on applique généralement mécanisation dans la cuve à faible pente c'est-à-dire un système de raclage et d'agitation lente dont le rôle est double :

- Faciliter le glissement des boues vers la fosse centrale d'où elles sont extraites.
- Permettre le dégagement de l'eau interstitielle et des gaz occlus dans les boues au moyen d'une herse verticale accouplée dispositif tournant

D'après des résultats d'exploitation enregistrés sur plusieurs stations il s'avère que l'épaississement par gravité mécanisé pour des boues stabilisées peut atteindre des concentrations de l'ordre de 2.5-4% en adoptant pour le dimensionnement de la surface de l'épaississeur des charges spécifiques n'excédant pas 40Kg MS/m² jour

g. Les caractéristiques de l'épaississeur :

Tableau N° 6: Les caractéristiques de l'épaississeur (données de la station de traitement des eaux de la commune de Temouchent)

Unité	Diamètre	Hauteur
01	16	4.5



Figure N°12 : Epaississeur (2023).

h. Déshydrations mécanique des boues : La déshydratation constitue la seconde étape de la réduction du volume des boues au cours de laquelle on réalise sur les boues

Chapitre II: ETUDE PRATIQUE

concentration stabilisée ou non une élimination plus ou moins poussées de leur humidité résiduelle de façon à les amener à l'état solide qui manipulé à la pelle (concentration minimale 18-20% en fonction de la nature et des caractéristiques physico-chimiques de la boues).

On peut avoir recours pour cela à une déshydrations par drainage naturel ou à une déshydratation mécanique (centrifugation, filtration sous vide, filtre presse, bande presseuse).

Les traitements ne peuvent pas être mis en œuvre sur les boues urbaines dans l'état où elles sont produites il convient impérativement d'assurer préliminairement la rupture de leur stabilité colloïdale par un conditionnement chimique avec poly électrolyte.

Dans notre cas on va traiter la déshydrations des boues par lit de séchage et par filtre et par filtre à bande.



Figure N°13 : Bandes presseuses (2023).

- i. **Les Lits de séchage:** Les lits de séchage qui permettent une déshydrations naturelle des boues par action de la chaleur et du soleil nécessitent une surface importante ils sont souvent réaliser en secours des unités de déshydratations.



Figure N°14 : Lits de séchage (2023).

- j. **L'élimination de l'azote :** Les stations d'épuration prévus pour éliminer les matières carbonées n'éliminent qu'environ 20% de l'azote présent dans les eaux usées

Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensible des traitements complémentaires doivent être mis en place ,l'azote organique se transforme dans les eaux usées en azote ammoniacal (NH_4^+) l'élimination de l'azote ammoniacal est le plus souvent obtenue grâce à des traitement biologiques de (nitrification- dénitrification) .La nitrification consiste en une transformation par des cultures bactériennes de l'azote ammoniacal en nitrates (NO_3) une forme oxydée de l'azote Une seconde phase la dénitrification complète le processus les nitrates sous l'action de bactéries « dénitrifiâtes » sont transformés en azote gazeux .Ce gaz s'échappe alors dans l'atmosphère comme le CO_2 produit par l'élimination des matières carbonées .

Ces procédés sont aujourd'hui les plus compétitifs et les mieux adaptés puisqu'ils peuvent notamment être combinés à l'élimination de la pollution carbonée, Il suffit pour cela que les volumes des bassins et les dispositifs d'aération soient suffisants.

I.2.3 Traitement Tertiaire :

- a. **L'élimination du phosphore (non prévu mais mise en place ultérieur possible) :**
L'élimination du phosphore ou déphosphoration peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques.

En ce qui concerne les traitements physicochimique l'adjonction de réactifs comme des sels de fer ou d'aluminium permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation .Ces techniques les plus utilisées actuellement , éliminent entre 80% et 90% du phosphore mais engendrent une importante production de boues .

- b. **Chloration :** Les réactifs chimiques disponibles pour la désinfection sont très nombreux, mais pour des motifs pratiques généralement on utilise le chlore à l'état liquide ou gazeux ou ses composées tel que l'hypochlorite de calcium d'hypochlorite sodium et le bioxyde de chlore.

Il faut rappeler que l'utilisation du chlore gaz demande des importantes précautions car il est fortement toxique et très corrosif .Il nécessite des locaux de stockage parfaitement aérés au niveau du sol étant donné que la densité du chlore est supérieure à celle de l'air.

En outre en cas d'utilisation du chlore gazeux, les réservoirs et les doseurs doivent être placés dans un endroit isolé les caractéristiques du bâtiment devront être conçues pour permettre un contrôle et l'abattage du gaz.

Dans l'installation nous avons prévu comme réactif pour la désinfection l'hypochlorite de sodium NaClO . La solution de l'hypochlorite de sodium est un produit instable , mais sa décomposition peut être contrôlée en augmentant la valeur du PH jusqu'à une valeur de 11 et en évitant la présence des ions métalliques qui ont l'effet de catalyseur de la décomposition .Même pour un local isolé thermiquement et à l'abri de la lumière le temps de stockage doit être limité à 60 jours maximums , Pour l'instant la station du AIN TEMOUCHEANT arrête l'utilisation du chlore pour la désinfection parce que la charge polluante sortante est 30% ainsi que les Bactéries sont veilles .



Figure N°15 : L'élimination du phosphore (donnees de la step aint temouchent).

c. Traitement des odeurs : La dépollution des eaux usées produit des odeurs, qui sont parfois perçues comme une gêne par les riverains de la station d'épuration .

Les principales sources de mauvaises odeurs sont les boues et leur traitement ainsi que les installations de relevage et de prétraitement .le seuil de tolérance de ces nuisances olfactives est subjectif et aucune norme en matière d'émissions malodorantes n'existe cependant les exploitants de stations d'épuration cherchent à limiter les odeurs dégagées par les traitements. la conception des stations est le premier élément permettant de limiter l'émission d'odeurs dans le voisinage.

il faut par exemple veiller à réduire les surfaces d'échange entre l'air et les eaux usées .

Ainsi les ouvrages les plus odorants sont souvent regroupés pour concentrer l'émission d'effluents nauséabonds, leur couverture est aussi une manière d'atténuer les émissions malodorantes des installations de désodorisation chimique ou biologique sont également mises en place au sein des stations d'épuration, la désodorisation chimique est la technique la plus utilisée.

Les gaz malodorants sont captés puis envoyés dans des tours de lavage où un liquide désodorisant est pulvérisé, ces lavages peuvent comporter de la soude ou de l'acide et /ou de l'eau de javel réactifs qui captent ou neutralisent les mauvaises odeurs.

La désodorisation biologique consiste à faire passer l'air au travers d'un matériau poreux sur lequel on développe un biofilm de façon analogue aux biofiltres utilisés pour le traitement de l'eau.



Figure N°16 : traitement de gaz (données de la station de traitement des eaux de la commune de Temouchent).

II. les analyses physico-chimiques

II.1 Matériel et méthodes

II.1.1 Le Prélèvement automatique :

Les analyses sont réalisées selon les échantillons journaliers moyens par l'échantillonneur automatique installé à l'entrée et à la sortie. Ces échantillons sont représentatifs de 24 heures.

II.1.2 Echantillonnage :

Un volume de 140 ml, est prélevé chaque 15 minutes par un agent désigné par le chef de la station. Des flacons de prélèvement propres et étiquetés sont utilisés. L'échantillon obtenu sera un échantillon composite formé de mélange de 24 flacons de 1 litre de préleveur automatique.

L'agent a utilisé des flacons de prélèvement propre et étiquetés. Certains paramètres tels que le pH, la température, l'oxygène, la conductivité seront déterminés sur site.

Les échantillons ont été pris dans des flacons en verre de 500 ml, stérilisés, à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration en respectant les critères d'implantation suivants :

- le prélèvement doit être réalisé à un endroit où l'effluent est homogène et représentatif.
- le préleveur doit être positionné le plus proche possible du point de prélèvement
- Par la suite, ces échantillons ont été destinés à des analyses physico-chimiques et des analyses bactériologiques



Figure N°17 : Echantillonneur d'Entrée (2023).

II.2 Les paramètres physico-chimique

II.2.1 La température(T):

la température est un paramètre important pour le bon fonctionnement.

- Des Systèmes d'épuration dans la mesure où il peut influencer de différentes manières sur:
 - La solubilité des sels et des gaz. Ce phénomène est particulièrement important dans le cas de l'oxygène.
 - Aussi plus l'eau est chaude plus la concentration de saturation de l'oxygène devra diminuer

II.2.2 Potentiel d'hydrogène (PH)

dans le domaine de l'eau le PH joue un rôle primordial à la fois :

- Dans la propriété physico-chimique (acidité, alcalinité, agressivité) .
- Dans les processus biologique donc certains exigent des limites très étroites de PH.
- Dans l'efficacité de certains traitements : coagulation, adoucissement contrôle de corrosion, chloration.

Mesure de PH et la température

- on prélève un volume de 80 ml de l'eau de sortie et un autre volume de 80 ml de l'eau d'entrée.
- On fait la lecture de PH et la température après l'étalonnage du PH mètre.
- Les résultats obtenus au niveau de la station sont représentés dans le tableau N°7 :

Chapitre II: ETUDE PRATIQUE

Tableau N° 7: Variation de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP(DONEE DE LA STEP AIN TEMOUCHENT 2023)

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023	08/02/2023	22/02/2023
Paramètres						
T entre (°C)	15	16	14	15	13	15
T sortie (°C)	09	10	09	09	09	10

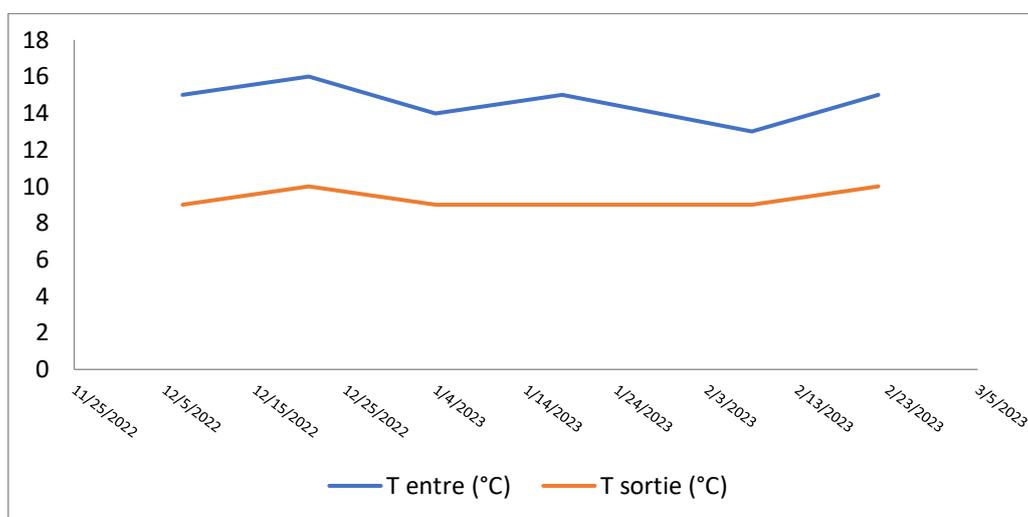


Figure N°18 : Variation de la température de l'eau (entrée, sortie) en fonction due temps (2023)

Interprétation :

La température de l'eau brute et épurée est inférieure à 25°C c'est la plage idéale pour le traitement biologique.

Tableau N°8: Variation de PH de l'eau entrée, sortie (DONEE DE LA STEP AIN TEMOUCHENT 2023)

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023	08/02/2023	22/02/2023
Paramètres						
PH entre (°C)	8,41	7,92	8,60	8,40	8,85	8,74
PH sortie (°C)	8,47	7,67	7,55	8,45	8,17	8,82

Chapitre II: ETUDE PRATIQUE

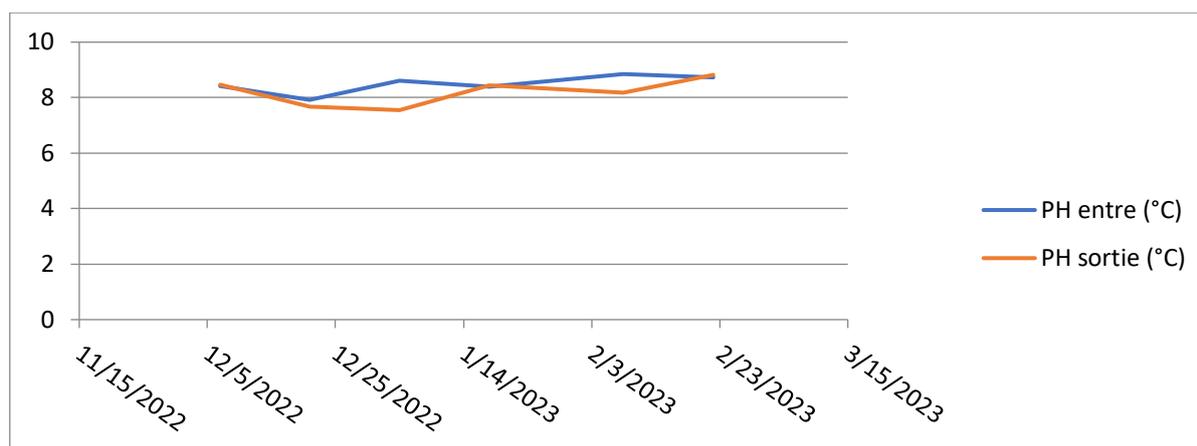


Figure N° 19 : Variation de PH de l'eau (entrée, sortie) en fonction du temps (2023)

Interprétation :

La valeur du PH mesuré dans les deux cas est égale ou supérieure à 6,5 ce qui montre la perturbation du PH sous l'action des micro-organismes. Notons que cette valeur est située dans la fourchette (7,02-8,15) pour l'eau de sortie et (8,06-8,21) pour celle de l'entrée

II.2.3 La conductivité (C):

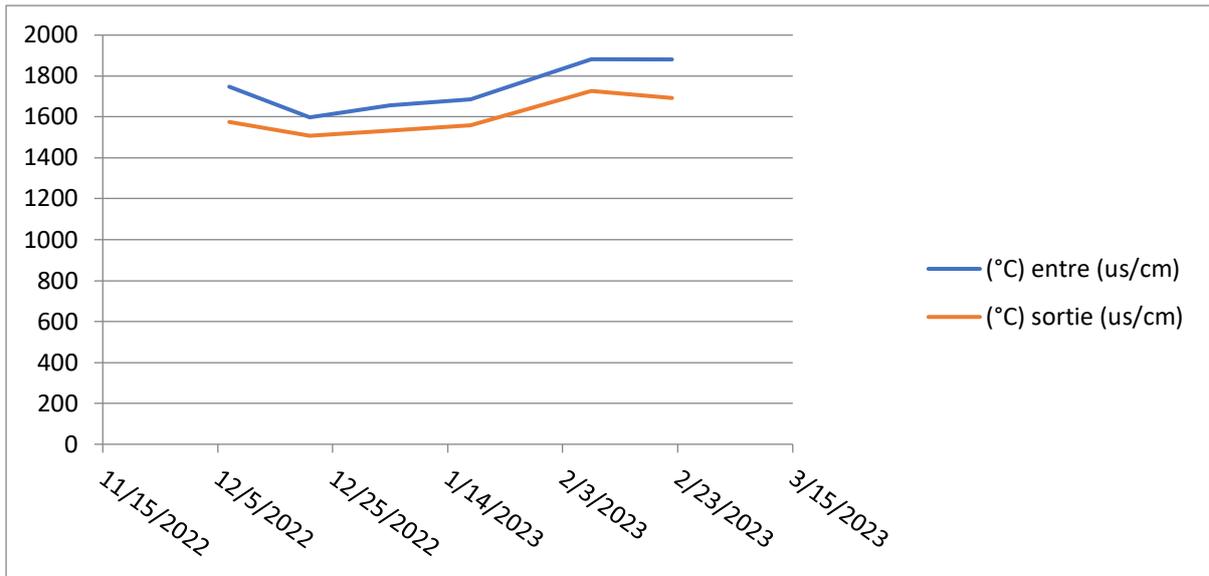
la conductivité de l'eau inverse de la résistivité est proportionnelle à la concentration en minéraux dissous dans l'eau, plus une eau aura une conductivité importante plus une eau comportera de sels minéraux.

Mesure de conductivité (C) :

on prélève un volume de 80 ml de l'eau de sortie et un autre volume de 80 ml de l'eau d'entrée dans deux béchers de 100 ml, on mesure le (C) conductivité en ($\mu\text{s}/\text{cm}$) par le conductivimètre. Pour les deux échantillons, les résultats sont rassemblés dans le tableau, cidessous

Tableau N°9: variation de la conductivité de l'eau (entrée, sortie) (DONNEE DE LA STEP AIN TEMOUCHENT 2023).

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023	08/02/2023	22/02/2023
Paramètres						
(°C) entre (us/cm)	1749	1598	1656	1685	1882	1880
(°C) sortie (us/cm)	1575	1508	1534	1560	1727	1693



Graphe N°20 : Variation de la conductivité de l'eau (entrée, sortie) en fonction de température Interprétation (2023).

Interprétation :

D'après le graphe N°19, on remarque que les valeurs de la conductivité de l'eau à l'entrée sont élevées et varient entre (1500 et 1900 $\mu\text{s}/\text{cm}$). Cette augmentation indique que la concentration en sels minéraux est élevée. Après le traitement, nous remarquons que les valeurs de la conductivité de l'eau de sortie ont baissé.



Figure N°21 : le multimètre (2023).

II.2.4 La turbidité (FT μ) :

C'est la présence dans l'eau des particules solides très petites non visibles à l'œil (0,001) millimètre mais qui diffusent la lumière et donnent à l'eau un aspect trouble. Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes.

Mesure de turbidité :

La turbidité (FT μ) est mesurée dans deux flacons de 25 ml.

Chapitre II: ETUDE PRATIQUE

Dans le premier, on met de l'eau distillé pour l'étalonnage et dans le deuxième de l'eau de sortie. La lecture est faite grâce au turbidimètre par le même procédé pour l'eau d'entrée. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau cidessous

Tableau N° 10: Variation de turbidité de l'eau : (DONNEE DE LA STEP AIN TEMOUCHENT 2023)

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023	08/02/2023	22/02/2023
Paramètres						
T entre (FTU)	266	172	340	363	220	287
T sortie (FTU)	14	12	16	04	14	05

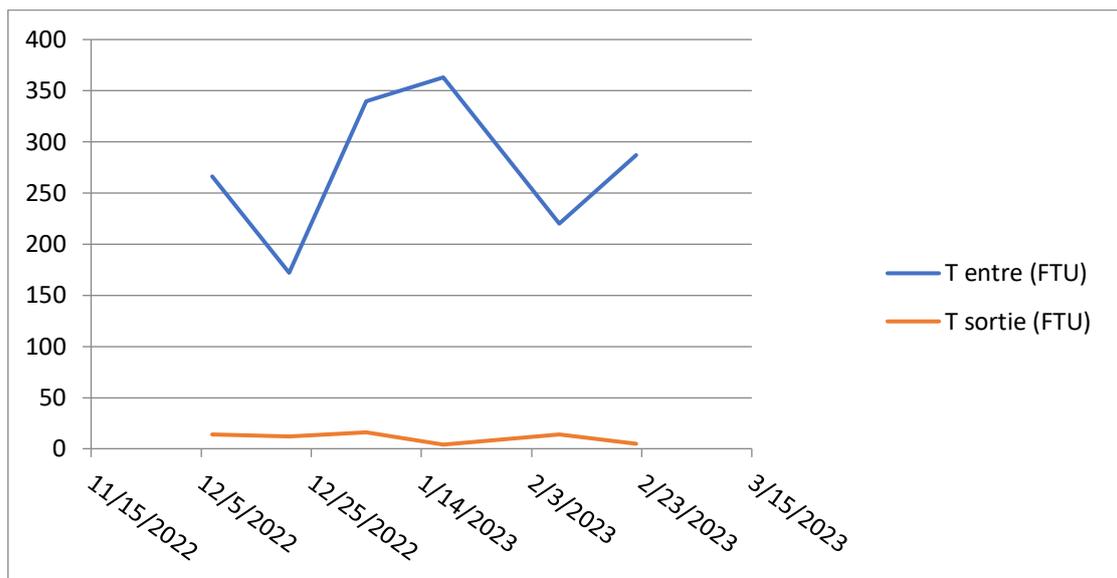


Figure N°22 : Variation de turbidité de l'eau (entrée, sortie) en fonction de temps
Interprétation

Interpretation :

La valeur de turbidité est nulle pour les eaux de sorties, Cela veut dire que les particules solides très petites ne diffusent pas la lumière, comparativement aux valeurs de turbidité des eaux d'entrée. On note donc la présence d'un aspect trouble de cette eau.

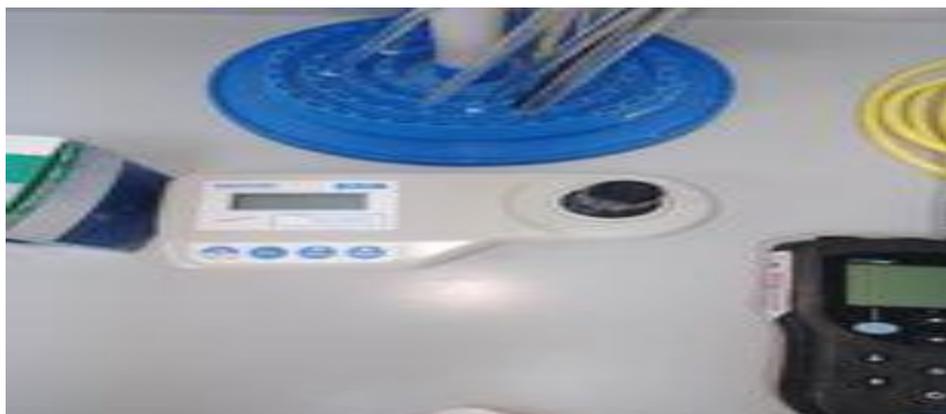


Figure N°23 : le turbidimètre (2023).

II.2.5 Oxygène dissout O₂

La solubilité de l’oxygène dans l’eau est liée à plusieurs facteurs en particulier, la température, la pression atmosphérique et la salinité.

- L’oxygène dissout est aussi fonction de l’origine de l’eau.
- L’oxygène dissout dans l’eau peut provenir de la dissolution de l’oxygène de l’air par diffusion à travers la surface l’apport d’un effluent plus oxygène ou d’une aération artificielle.

Mesure de l’oxygène dissout O₂

Dans deux bécher de 100 ml, la première contient 80 ml d’eau usée et le deuxième contient 80 ml de l’eau traitée. On fait la lecture immédiatement à l’aide d’un oxymètre en mg/l, La différence entre les deux lectures sur la valeur d’0.6L. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° 11: Variation de l’oxygène dissout de l’eau (entrée, sortie) (DONEY DE LA STEP AINTEMOUCHENT 2023).

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023	08/02/2023	22/02/2023
Paramètres						
O ₂ entre (ml/l)	2,32	5,31	2,13	1,63	3,89	4,03
O ₂ sortie (ml/l)	4,84	10,15	5,08	4,98	8,34	9,83

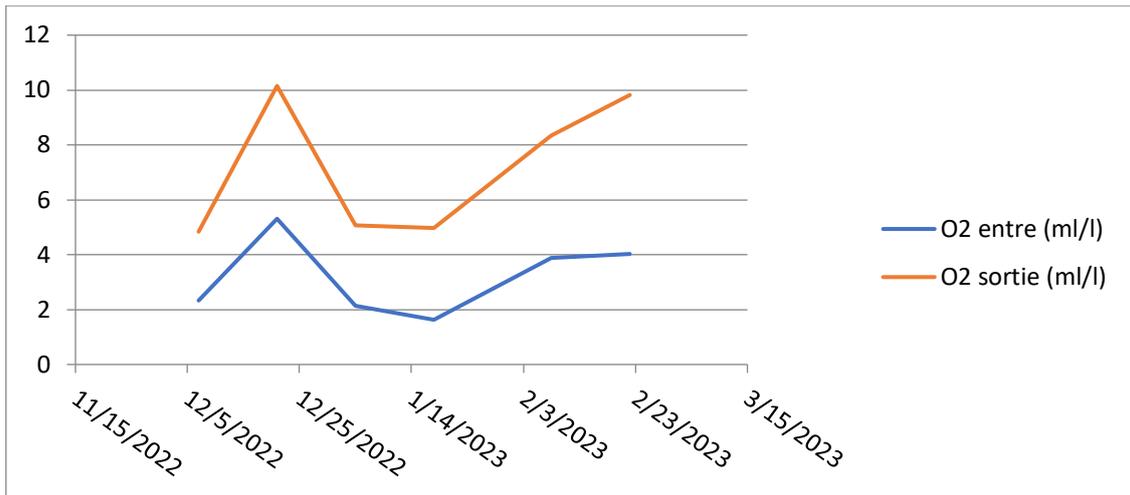


Figura N°24 : Variation de l'oxygène dissout de l'eau (entrée, sortie) en fonction de temps

Interprétation : La valeur mesurée pour la teneur en O₂ des eaux d'entrée n'est pas pratiquement nulle par rapport à la teneur en O₂ des eaux sorties car tout l'oxygène moléculaire susceptible d'être présent est consommé dans toutes les transformations des produits azotés et les matières organiques contenues dans l'eau usées d'entrée.



Figure N°25 : multimètre portable (2023).

II.2.6 Matière en suspension MES %

Il s'agit des matières qui ne sont ni solubilisées ni colloïdales on peut considérer qu'elles représentent un intermédiaire entre les particules minérales de type sable ou poussières de carbone et les particules minérales de type mucilagineux elles comportent des matières organiques et des matières minérales.

Mesure des matières en suspension (MES %)

Dans des eaux d'une faible concentration en MES on utilise des filtres.

- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
- Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.

Chapitre II: ETUDE PRATIQUE

- Sortir le filtre puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Puis peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable.
- Prendre une fiole de 100ml, laver abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec l'eau distillée.
- Prendre une prise d'essai de 100 ml, placer le filtre la pompe de filtration.
- Verser le volume d'eau (100 ml) à filtration complète.
- Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 150C° pendant 2 heures.
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 mn jusqu'à refroidissement total.
- Peser le filtre

Tableau N° 12: variation de matière en suspension de l'eau (entrée et sortie) (DNEE DE LA STEP AIN TEMOUCHENT 2023)

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023	08/02/2023	22/02/2023
Paramètres						
MES % entre	411	284	526	550	348	436
MES % sortie	13	28	37	20	21	21

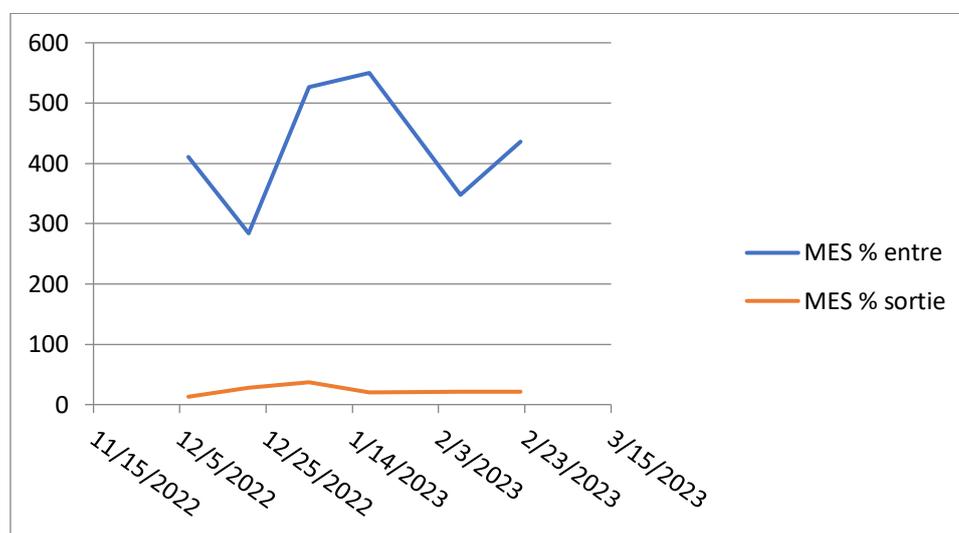


Figure N°26 : Variation de matière en suspension de l'eau (entrée et sortie) en fonction de temps

Interprétation :

On remarque toujours dans le graphe une valeur presque nulle pour les eaux sorties c'est à dire l'élimination de toute matière ni solubilisées, ni colloïdales, mais la valeur de MES dans les eaux d'entrée est élevée car elles contiennent des matières organique et des matières minérales avec des concentrations très variables et varillent de 158 à 255mg/L.



Figure N°27: la pompe à vide (2023).

- Matière volatile (MVS) %

Après pesage de matières en suspension (MES), mettre les filtres dans le four à moufle à 525°C pendant 2 heures les peser après ce qui correspond à la matière minérale pour rechercher les matières volatiles.

$$\text{MVS (mg/l)} = \text{MES} - \text{Matière minérales}$$



Figure N°28 : l'étuve (2023).

II.2.7 Demande biochimique en oxygène (DBO5)

La DBO₅ et la quantité de l'oxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques dissoutes ou en suspension dans l'eau ou exprimée en mg/l.

Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau.

On prend la valeur de la obtenue après cinquième jours mesures à 20°C.

Mesure de la DBO5

- Dans deux flacons de volume 160 ml de l'eau de sortie avec le réactif DBO et le réactif de lithium hydroxyde de même façon pour l'eau d'entrée .

Chapitre II: ETUDE PRATIQUE

- Placer les deux flacons dans l'appareil de DBO à température de 20°C pendant 5 jours.
- Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau N° 13: Variation de DBO de l'eau (entrée, sortie) (DNEE DE LA STEP AIN TEMOUCHENT).

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023	08/02/2023	22/02/2023
Paramètres						
DBO5 entre (mg/l)	160	110	130	190	160	150
DBO5 sortie (mg/l)	10	14	19	10	12	09

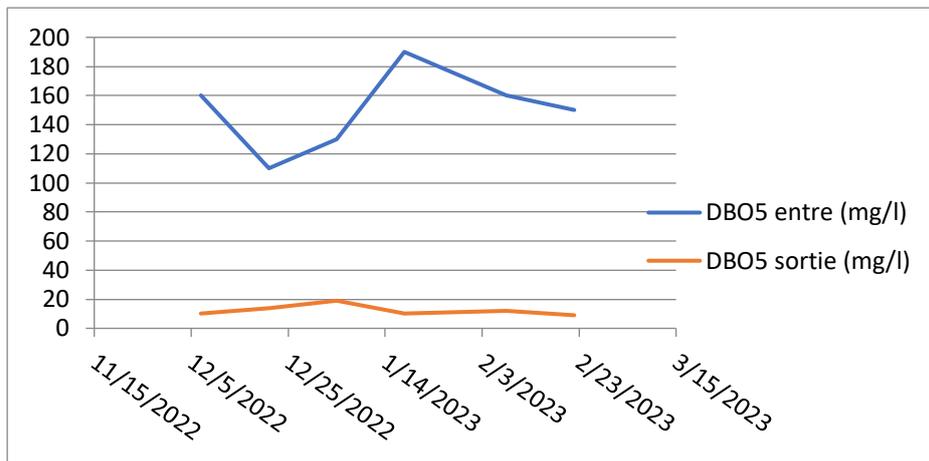


Figure N°29 : Variation de DBO de l'eau (entrée, sortie) en fonction de temps

Interprétation :

On observe dans le graphe les valeurs des DBO5 des eaux entrées est très élevé par rapport les valeurs des DBO5 des eaux sorties ce qui explique la décomposition presque total des matières organique biodégradables avec l'intervention des micro-organismes aussi que la teneur importante en matières organique biodégradable dans l'eau d'entrée



Figure N°30 : incubateur DBO (2023).

II.2.8 Demande chimique en oxygène DCO

La DCO est exprimé en mg/l, elle mesure la concentration en oxygène lors d'une oxydation chimique « au dichromate de potassium sulfate d'argent est ajoutée comme catalyseur ».

Cette mesure à l'avantage de fournir rapidement un résultat mais ne résume pas directement sur la biodégradabilité de l'effluent il existe une fraction de la matière organique qui est très difficilement voire non biodégradable, ou la qualité alors de DCO dure ou réfractaire cette fraction de la matière organique génère peu de problème en épuration des eaux résiduaires urbaines ce qui est loin d'être de cas pour les effluents industrielle ou mixtes pour les quels il par fois difficile de respecter la réglementation en terme de concentration limites dans les rejets épurés.

Mesure de la DCO

Dans deux tubes de 1500 PPM de réactif entre de DCO on ajoute 2ml de l'eau distillée dans la première tube et 2 ml d'échantillon de l'eau d'entrée dans le deuxième tube avec la même façon pour l'échantillon de l'eau de sortie placer les quatre tubes dans l'appareil de DCO mètre (à 150 °C) pendant 2heures, la lecture se fait en mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre.

Les résultats obtenus dans le tableau suivant :

Tableau N° 14: Variation de DCO de l'eau (entrée et Sortie) : (données de la step aint temouchent)

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023	08/02/2023	22/02/2023
Paramètres						
DCO entre (mg/l)	700	442	704	893	565	739
DCO sortie (mg/l)	41	30	42	38	53	40

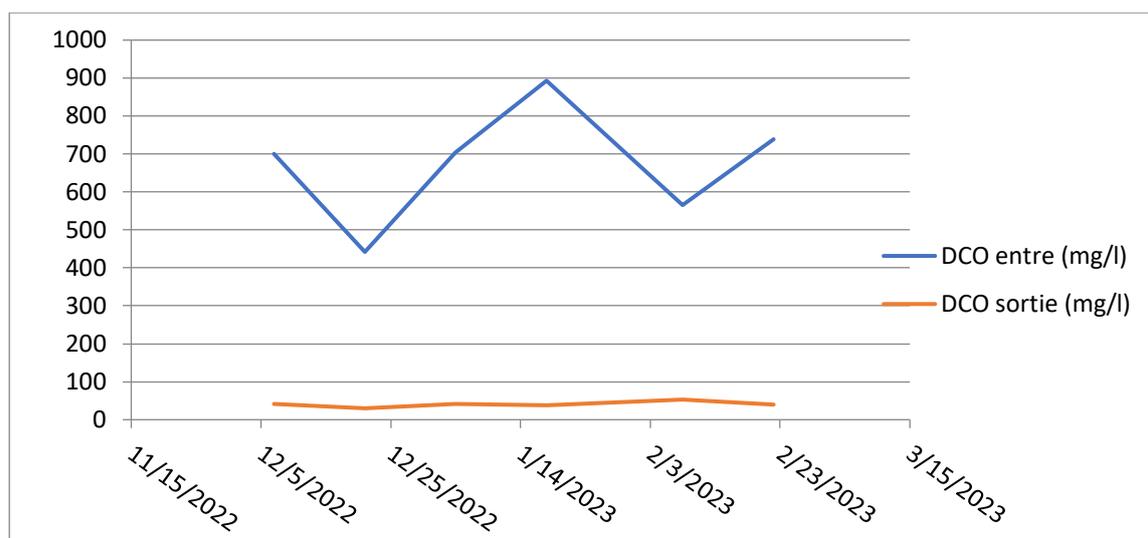


Figure N°31 : Variation de DCO de l'eau (entrée et Sortie) en fonction de temps

Interprétation : Les valeurs de la DCO d'eau entrée est très élevés ce qui indique la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une bonne oxydation des matières organiques et minérales présentes dans l'eau.

II.2.9 Détermination de l'azote ammoniacal NH_4^+

Un azote ammoniacal est une expression spécifique se référant au poids total de l'azote sous forme ionisée NH_4^+ par distinction de l'azote moléculaire.

Mesure de l'azote ammoniacal NH_4^+

- prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml du réactif hydroxyde de sodium (NaOH) de 32g.
- Ajouter 4 ml du réactif salicylate de sodium de 130 g et ajouter à 50 ml avec H_2O distillée et attendre 1h :30 .
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH_4^+

Tableau N° 15: Variation du l'azote ammoniacal de l'eau (entrée et sortie) (donnees de la step ain temouchent)

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023	08/02/2023	22/02/2023
Paramètres						
NH_4^+ entre (mg/l)	55,2	38,63	55,08	50,43	70,17	27,09
NH_4^+ sortie (mg/l)	3,19	1,22	3,02	5,80	29,79	2,95

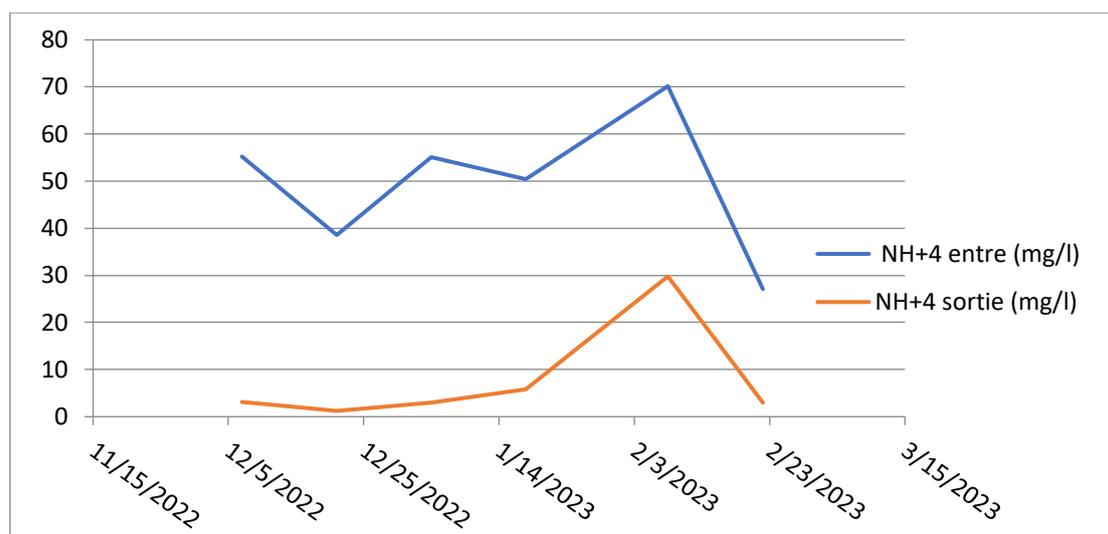


Figure N°32 : Variation du l'azote ammoniacal de l'eau (entrée et sortie) en fonction de temps

II.2.10 Détermination de nitrate NO₃⁻

Substances chimique naturelles qui entrent dans le cycle de l'azote .Le nitrate est beaucoup utilisé dans les engrais inorganiques et les explosifs comme agent de conservation des aliments et comme substance chimique brute dans divers procédés industriel.

Mesure de nitrate NO₃⁻

- prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-78 °C (ne pas sur charger ni sur chauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre les résidus avec 2mL H₂SO₄ laissé reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et potassium puis passer au spectrophotomètre. Le résultat est donné directement par spectrophotomètre en mg/l

Tableau N° 16: Variation de nitrate (NO₃⁻) de l'eau (entrée et sortie) : (donnees de la step ain temouchent)

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023	08/02/2023	22/02/2023
Paramètres						
NO ₃ ⁻ entre (mg/l)	0,55	0,41	0,55	0,54	0,93	0,51
NO ₃ ⁻ sortie (mg/l)	5,10	3,30	4,10	0,74	10,10	2,70

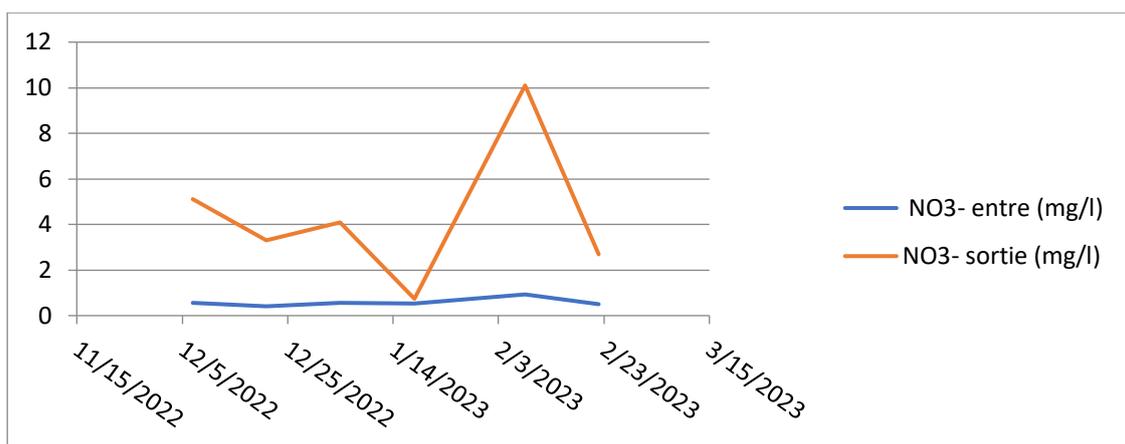


Figure N°33 : Variation de nitrate (NO₃⁻) de l'eau (entrée et sortie) en fonction de temps

II.2.11 Détermination de nitrite NO₂⁻

C'est un composé minéral d'azote et d'oxygène de formule NO₂⁻ il est le premier résultat de la dégradation des organismes végétaux et animaux en milieu aqueux, très toxique pour les organismes végétaux et animaux en milieu aqueux, il est rapidement et naturellement oxydé en ion nitrate. Le nitrite sert surtout d'agent de conservation des aliments en particulier dans les viandes de salaison. Il est présent à l'état naturel partout dans l'environnement, il est le produit de l'oxydation de l'azote (qui compose près de 78% de l'atmosphère) par les micro-organismes des plantes du sol ou de l'eau et dans une moindre mesure par les décharges électriques comme la foudre. Le nitrite est plus stable et peut être transformé en nitrate dans la plupart des réserves d'eau, les concentrations sont très faibles.

- Mesure de nitrite NO₂⁻ :**
- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
 - Ajouter 1 ml du réactif mixte.
 - Attendre 10 mn.
 - L'apparition de la coloration rose indique la présence de NO₂⁻.

Le résultat est donné par spectrophotomètre en mg/l

Tableau N° 17: Variation de nitrite de l'eau (entrée, sortie) (données de la step aint temouchent)

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023	08/02/2023	22/02/2023
Paramètres						
NH ₂ entre (mg/l)	0,225	0,249	0,294	0,252	0,288	0,305
NH ₂ sortie	0,130	0,120	0,282	0,232	0,326	0,079

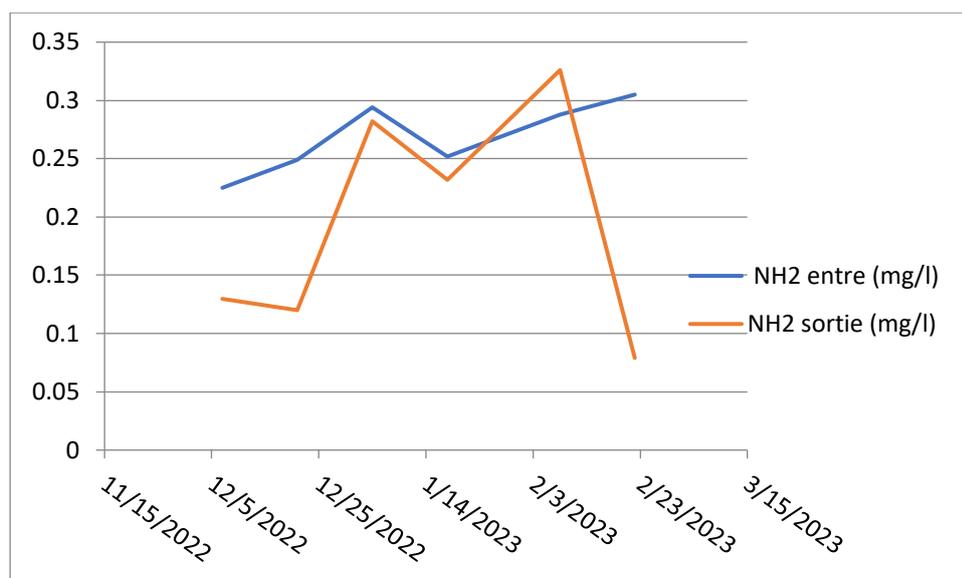


Figure N°34: Variation de nitrite NO₂⁻ de l'eau (entrée, sortie) en fonction de temps

II.2.12 Détermination des phosphates PO₄³⁻

Un phosphate est un produit chimique inorganique, un sel ou un ester de l'acide phosphorique, résultant de la combinaison avec une base de formule chimique PO₄³⁻. Les phosphates ont en commun un atome de phosphore entouré par quatre atomes d'oxygène dans un tétraèdre.

Mesure des phosphates PO₄³⁻

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
- Puis en ajoute 2ml de réactif mixte
- Attendre 10 mn le développement de la couleur bleue.
- Effectuer la lecture par spectrophotomètre en mg/l.

Tableau N° 18: Variation des phosphates PO₄³⁻ de l'eau (Entrée, Sortie) (données de la step aint temouchent)

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023	08/02/2023	22/02/2023
Paramètres						
PO ₄ entre (mg/l)	10,5	9,50	8,40	9,20	7,60	9,20
PO ₄ sortie (mg/l)	7,10	6,20	7,90	6,30	5,50	7,90

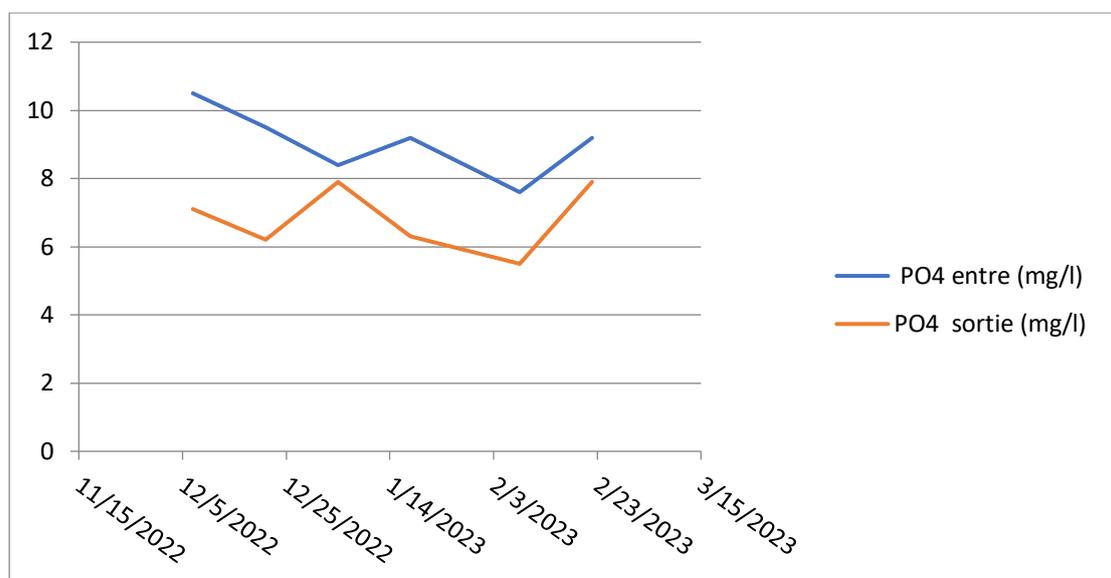


Figure N°35 : Variation des phosphates PO_4^{3-} de l'eau (Entrée, Sortie) en fonction de temps

Interprétation :

D'après les courbes on observe que : Les valeurs ($NH_4^+NO_3^-NO_2^-PO_4^{3-}$) d'entrées sont élevées à cause de la pollution mais à la sortie de la station ces valeurs sont diminuées parce que les bactéries utilisent ces paramètres comme nutriments.

II.2.13 Détermination de phosphore total (PT) :

Le phosphore est un sel minéral essentiel à la vie tout comme le sont le calcium ou le magnésium . -En conditions naturelles le phosphore est présent en très faible quantité dans les eaux du surfaces ainsi lorsque du phosphore est a cheminé vers le milieu aquatique il est directement capté par les algues et les plantes pour leurs propres besoins. -La faible disponibilité du phosphore dans l'eau limite donc le développement de la végétation .C'est pour quoi on dit que le phosphore est un facteur limitant.

Mesure de phosphore total (PT) :

- Enlevez délicatement la feuille de protection du DosiCap.Zip détachable .
- Dévissez le DosiCap.Zip
- Pipeter 0.5 ml d'échantillon
- Vissez le DosiCap.Zip : dirigeant le cannelage vers le haut
- Secouer énergiquement
- Chauffer dans le thermostat HT200S :15mm le programme standard HT thermostat 60 min à 100 °C
- Pipeter dans la cuve une fois refroidie : 0.2 ml de réactif B(LCK348B) fermer immédiatement le réactif B après emploi .
- Visser un DosiCap c(LCK348C) gris sur la cuve.
- Mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite attendre 10 min

Chapitre II: ETUDE PRATIQUE

mélanger de nouveau , bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer .

Tableau N° 19: Variation du phosphore total PT de l'eau (entrée, sortie) : (donnees de la step aint temouchent)

Date de prélèvement	07/12/2022	21/12/2022	04/01/2023	18/01/2023
Paramètres				
PT entrée	7,22	5,38	5,56	7,11
PT Sortie	4,42	1,66	2,65	2,58

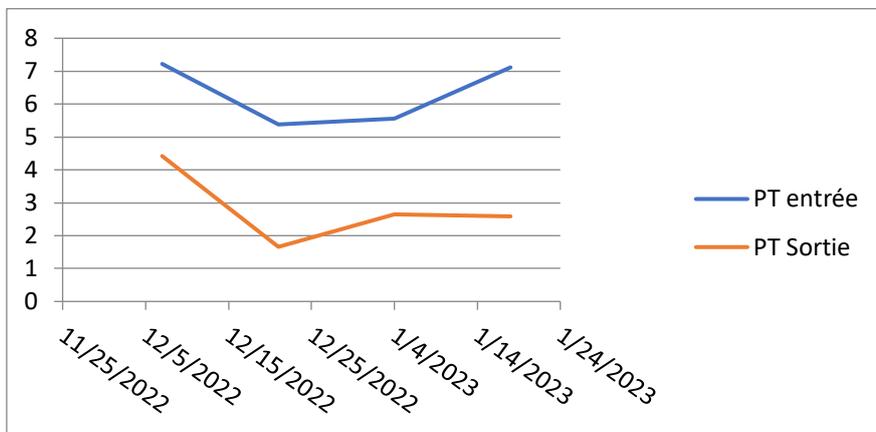


Figure N°36 : Variation du phosphore total PT de l'eau (entrée, sortie) en fonction de temps

Interprétation : La concentration moyenne à l'entrée elle est très basse de la valeur prévue dans l'étude à 40mg/L et la sortie qui est au dessus de la norme (4mg/L).le pourcentage de l'élimination est de 72% D'après les résultats et les graphes obtenus on peut conclure que l'épuration des eaux usées de la ville d'Ain T'émouchent est conforme aux normes de rejet.



Figure N° 37: Spectrophotomètre (2023).

Chapitre II: ETUDE PRATIQUE

Conclusion :

Dans la première partie : nous avons présenté le plan géographique de la STEP de AIN TEMOUCHENT. Dans le deuxième chapitre, on a déterminé les résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées dans l'entrée et la sortie de la station. D'après les analyses physico-chimiques de l'eau usée, il faut aussi ajouter une extension d'une capacité de traitement avec la population. Un temps de séjour plus important est aussi nécessaire.

CONCLUSION

Conclusion:

L'eau fait partie de notre environnement naturel, tout comme l'air que nous respirons et la terre qui nous porte et nous nourrit. Elle constitue un des éléments familiers et indispensables de notre vie quotidienne.

Le problème majeur de l'eau destinée à consommation humaine a été longtemps d'ordre sanitaire.

Ce problème découlé de l'existence de microorganismes (bactéries, virus, protozoaires, parasites) transmissibles de nombreuses infections dangereuses chez l'homme.

Les résultats des analyses physicochimiques de la STEP d'Ain Temouchent ont montré que les caractéristiques physicochimiques de l'eau sont comprises dans des intervalles proches des normes internationales retenues pour l'eau d'irrigation.

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce modeste travail, nous pouvons conclure que l'eau issue de la STEP d'Ain Temouchent répond aux normes algériennes des eaux destinées à l'irrigation, mais La station devrait être en extension prochainement en raison de la saut démographique de la wilaya de Ain Temouchent.

Car la réutilisation d'une eau de mauvaise qualité peut présenter des risques pour la santé et l'environnement, et poser des problèmes d'ordre technique en bouchant les conduites et les systèmes d'irrigation par exemple.

D'un point de vue sanitaire, la quantité de contamination qui parvient dans l'environnement se nomme la charge excrète, Sa composition dépend de la population d'individus infectés et des conditions d'hygiène. elle peut être considérablement réduite par un traitement adéquat. Ce dernier est donc impératif dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées. Dans le présent travail dont la phase expérimentale nous a permis d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux usées traitées par la station d'épuration d'Ain Temouchent, nous pouvons dire que le rabattement des paramètres de pollution tels que la DBO5, et la DCO et les MES montre bien l'efficacité des traitements des eaux usées.

Perspective:

Nous proposition semble concerner la réduction de la pollution et la prévention des maladies transmissibles par l'eau en utilisant de la chaux.

C'est une initiative louable, car la pollution des eaux et les maladies hydriques sont des problèmes importants qui nécessitent des mesures préventives efficaces.

Déposer de la chaux à des intervalles réguliers le long du trajet, tous les 100 km, vise à réduire la charge de polluants dans les eaux et à purifier l'eau. La chaux est couramment utilisée comme agent de coagulation pour éliminer les particules en suspension et les substances indésirables présentes dans l'eau.

Elle peut également aider à ajuster le pH de l'eau pour la rendre moins propice à la croissance

Conclusion

de certaines bactéries et micro-organismes.

La coordination nous proposition avec BHC (le Bureau de l'hygiène de commune) et l'ONA (l'Office National de l'Assainissement) est essentielle pour assurer une mise en œuvre efficace, c'est organisations peuvent fournir l'expertise technique et les ressources nécessaires pour évaluer la faisabilité de notre proposition et la mettre en œuvre de manière appropriée

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

1. A.Iwema, D. Raby, J.Lesavre, C. Boutin, « Epuration des eaux usées domestiques par filtres plantes de macrophytes recommandations techniques pour la conception et la réalisation », «Groupe macrophytes et traitement des eaux, Agence de l'eau, France. 2005.
2. A.Kettab, « traitement des eaux (les eaux potables) », Office des publications universitaires, Alger,1992.
3. A.Norström,« Traitement des eaux usées domestiques par des procédés microbiologiques et hydroponiques en suède », Université center Stockholm suède ,2005.
4. Approches et prise de décision », rapport, canada
5. Baumont et all, 2004 Réutilisation des eaux usée : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220 p
6. Bettache A, 2013 : Traitement des eaux usées domestique par bio, dénitrification ; effets des nitrates. Thèse d'ingénieur, Université Chouaib Doukkali.
7. Boeglin J C., 1988. « Analyse des eaux résiduaires ; mesure de Pollution »~ Edition technique de l'ingénieur. Traité de ! »Environnement, p. 4200.
8. Bontoux. J, 1993. Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles,Eaux usées de boisson ; qualité et santé 2^e Edition : Lavoisier TechniqueEt documentation. Paris
9. Bounoua, C. Meziti K, Sahli R, 2017 : Analyses physico-chimiques des eaux usées au Niveau de la station d'épuration de la wilaya de Bordj Bou Arreridj. Mémoire m Aster, Université Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A .
10. Boursalil, « Etude expérimentale de la coagulation-floculation par le sulfate ferrique et le chlorure ferrique des matières en suspension », Mémoire d'ingénieur d'états en géologie, Université Abou Baker Belkaid Tlemcen, Juin 2011.
11. Brun, L. A., Maillet, J. et Veillette, J., 1995. Les sols et leur fertilité. Presses de l'Université Laval.
12. C. Menoret, « Traitement d'effluents concentrés par cultures fixées sur gravier ou pouzzolane », Thèse de doctorat, Université Montpellier II, France ,2001.
13. Carstea E.M. Baker A. Pavelescu G. International Journal. 2009.
14. CFPHTMT, 2005. « Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé. V2,
15. Chemistry and Ecology. 2009 ;25 :435–452
16. Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D. and Savelli, H. (eds). 2010. "L'eau malade ? Le rôle central de la gestion des eaux usées dans le développement

Références bibliographiques

17. D. Xanthoulis, « Systèmes d'épuration de petites tailles », Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Asbl epuvala, Gembloux, Belgique, 2004.
18. Degréement, 1989. « Mémento technique de l'eau ». Tome I.
19. Degremont, « Mémento technique de l'eau », 8^{ème} édition, Tome 2, 1978.
20. Degremont suez, 2005 : Mémento technique de l'eau : Edition technique et documentation Lavoisier, 2^{ème} Tome.
21. Degremont, SA Mémento technique de l'eau. Sté Degremont. Ed. Technique et Documentation, Paris (2004)
22. Durable » (en anglais) Programme des Nations Unies pour l'environnement/Programme des Nations Unies pour les établissements humains/GRID-Arendal (PNUE/ONU-Habitat).
23. Encyclopédie Universalis, « conductivité », Encyclopédie Universalis [en ligne], consulté le 10 mai 2023. URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/conductivite/>
24. F. Monette, F. Brière, G. Létourneau, M. Duchesne, R. Hausler, « Traitement des eaux usées par coagulation floculation avec recirculation des boues chimiques performance générale et stabilité du procédé », Journal of civil engineering, 27(4), 2000.
25. G. Boari, I. Mancini, E. Trulli, « Technologies pour le traitement de l'eau et des eaux usées », Université de Basilicate, Département de génie de l'environnement et de physique Potenza, Italie, 1997.
26. Gaujous D, (1995). La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire. 2^e Édition. 11, rue Lavoisier. 200 p
27. H. El Haité, « Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation », thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de saint-etienne, 2010.
28. Holbrook R.D. Science of the Total Environment. 2006
29. HRH. De Léon, « Supervision et diagnostic des procédés de production l'eau potable », « Mémoire pour l'obtention de diplôme de docteur de l'institut national des sciences appliquées de Toulouse », 2006.
30. Hutton, G. and Varughese, M. M. 2016. The Cost of Meeting the 2030 Sustainable
31. J. Berland, M. Boutin, C. Molle, P. and P. Cooper, « Procédés extensifs d'épuration des eaux usées », Office des publications des communautés européennes, Luxembourg, 2001.
32. J. Bolmstedt, « Dynamic modelling of an activated sludge process at a pulp and paper mill », « doctoral thesis, Lund University, Sweden, 2000.

Références bibliographiques

33. J. Pronost, R.Pronost, L.Deplat, J. Malrieu, J. Berland, «Stations d'épuration dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation », Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la Pêche, et des affaires rurales (FNDAE n°22 bis), document technique, France ,2002.
34. J. Repšyte, R.Simutis, « Process simulator for waste water treatment plant», Information technology and control, Kaunas, Technologija, Vol 32, 3, 2004,P14-20.
35. M.Boumaaza , «Traitement et épuration des eaux » , Université 8 Mai 1945 Guelma ,2020.
36. M.Deshayes , «Guide pour l'établissement des plans d'assurance de la qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés », Mémoire de projet de fin d'étude, Université de Strasbourg,2008,P79.
37. M.Hadj Sadok , «Modélisation et estimation dans les bioréacteurs prise en compte des incertitudes application au traitement de l'eau » , Thèse de doctorat, Université de France,1999.
38. Madigan Met Martinto J., 2007. Brock biologie des micro-organismes, 1 l'édition. Nouveaux horizons, pp. 920-925
39. 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. Thèse Doctorat, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou.p138
40. Meybeck et al., 1989. National Research Council, 1993
41. MS. Ouali, « Cours de procédés unitaire biologique et traitement des eaux », Office des publications universitaires ,2011.
42. MS. Ouali, « Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux », Office des publications universitaires, Algérie, 2001.
43. O.Alexandre, C.Boutin, P.Duchène, C. Lagrange, A. Lakel, A.Liénard, and D. Orditz,«Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités », Technique et documentation Lavoisier (FNDAE N22), Paris, France,1998.
44. OECD. (1992). Environmental indicators : OECD core set. OECD Publishing
45. OMS (2007). Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées...
46. OMS, 2014. Investing in Water and Sanitation : Increasing Access, Reducing Inequalities. (Investir dans l'eau et l'assainissement : améliorer l'accès, réduire les inégalités). UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking Water,GLAAS,2014
Report.Genève,Suisse,OMS.Apps.who.int/Iris/bitstream/10665/139735/1/9789241508087_eng.pdf ?ua=1

Références bibliographiques

47. Organisation mondiale de la santé, 1993. World Resources Institute, 1996
48. PNUE, 2015. Economic Valuation of Wastewater—The Cost of Action and the Cost of No Action. Nairobi, PNUE.
49. PNUE, 2016. A Snapshot of the World's Water Quality : Towards a Global Assessment. Nairobi, PNUE. En.unesco.org/emergingpollutants
50. PNUE, Economic Valuation of Wastewater— The Cost of Action and the Cost of No Action. Nairobi, PNUE.
51. R. Degardaints, « Le traitement des eaux », Editions de l'école polytechnique de Montréal 2^e édition, 1990.
52. R. Bürger, W. Wendland, «Sedimentation and suspension flows historical perspective and some recent developments », Journal of engineering mathematics, Vol 41,2001.
53. Régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.
54. Rejsek F, 2002 : Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques ; centre
55. Resjeck, P. (2002). Water treatment principles and design. John Wiley & Sons.
56. Rodier J (2009). « (L'analyse de l'eau » 9^e édition, Dunod, Paris,
57. Rodier J et coll., (2005). Analyse des eaux : l'eau naturelle l'eau, résiduaire, l'eau de mer 8^e Édition, Dunod, Paris. P 1383
58. Rodier j, Bernard l ; Nicole M (2005). Mémento technique de l'eau : vol 2. 10^e édition
59. Rodier j, Bernard l ; Nicole M (2005). Mémento technique de l'eau : vol 2. 10^e édition
60. UN Water. (2017). Wastewater : The Untapped R
61. Wetzel, R. G. & Likens, G. E. (1991). Limnological analyses (2nd éd.). New York : Springer-Verlag.
62. www.unep.org/pdf/SickWater_screen.pdf
63. Xanthoulis, (1993). Valorisation agronomique des eaux usées des industries Agroalimentaires.