

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Saad Dahlab Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION
DE DIPLOME DE MASTER**

Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale

Spécialité : Ecosystèmes aquatiques

Thème

**Contribution à l'évaluation et au traitement des eaux usées
dans la STEP de Chenoua, Tipaza.**

Présenté par :

Mlle SAHOUI Hafsa

Mlle HAMAIDI Meriem

Mlle CHAIB SETTI Leila

Devant le jury :

Mme Boulahia .I

MAB

U.S.D. Blida

Présidente

Mme El Mahdi .I

MAA

U.S.D Blida

Examinatrice

Mr Bouriach.M

MCB

U.S.D Blida

Promoteur

Année universitaire: 2020/2021

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude. Nous remercions notre promoteur monsieur Bouriach pour son aide et sa patience sa disponibilité et ses judicieux conseils. Nous tenons aussi à remercier les membres du jury qui ont acceptés de juger notre travail : Mme El Mahdi et Mme Boulahia. Nous remercions également toutes les personnes de laboratoire dans la station d'épuration de Chenoua.

Nous voudrions exprimer notre connaissance envers les amis et collègues qui nous ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de notre démarche.

Finalement, nous tenons à remercier tous ceux qui ont participé de loin ou de près à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce projet :

A mes chers parents

Qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

*A ma chère sœur **Khadidja***

*A mes chers frères **Mohamed** et **Abdelkarim***

Pour leur soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

*A mes chères amies **Rokaia**, **Rania**, **Zineb**, **Fatima**, **Oumaima**, **Amel***

Pour leurs aides et support dans les moments difficiles.

*A mon trinôme **Meriem** et **Leila***

Pour leur entente et sympathie.

*A mon cher promoteur **Bouriach Mohammed***

Pour sa patience, son aide et sa gentillesse.

Et à toute ma famille

Hafsa

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse et leurs prières tout au long de mes études.

*A ma chère sœur : **Amína***

*A mon beau-frère : **Bachír** pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,*

*A ma nièce : **Sofía***

*A mes chères amies : **Ghanía, Aicha, romaïssa, Amel, Selma** pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.*

*A mon trinôme : **Hafsa et Leïla***

*A mon promoteur : Monsieur **Bouriach Mohamed***

Meriem

Grâce à dieu tout puissant, je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire plus particulièrement :

A mes très chers parents (Mohammed et Aïcha)

Tout mon respect et affection en témoignage de leur soutien, sacrifice, patience, ainsi que pour leurs conseils et orientations dans ma vie.

A mon cher frère Hakim et mes très chères sœurs Souhila, Samia et Habiba

Pour les efforts et l'attachement qu'ils m'ont fourni pour me supporter.

A mes neveux et nièces : Wissem, Aya, Imad, Abdelkarim, et Maïssam.

A mes beaux-frères : Ben-aïcha, Abdelkader, et Yazid.

A ma belle cousine la plus près dans mon cœur Wissem et ma chère tata (Fadila)

A mes chers amies : Soumia et Rania

A mon trinôme : Meriem et Hafsa

Plus que des amies des sœurs de cœur.

A mon promoteur : Bourriach Mohammed.

Leïla

Résumé

Cette étude a été réalisée pour le but de l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau brute et l'eau épuré de la station d'épuration de chenoua durant une période de 3 mois allant de mars 2021 à mai 2021.

Les analyses physico-chimiques obtenues ont révélé que les eaux usées entrant à la station de traitement des eaux polluées présentent une pollution organique assez élevée, et les résultats des eaux épurées ont montré une température ambiante, un pH alcalin, et des rendements épuratoires satisfaisants pour les matières en suspension, demande chimique en oxygène et demande biochimique en oxygène avec des taux d'abattelements de 95 %, 91 %, 97 % respectivement.

Selon les résultats obtenus montrent qu'il ya une conformité entre les valeurs des paramètres physico-chimiques analysés et celles recommandés par les normes nationales (JORA 2011) et internationales (OMS 2006), sauf pour les nitrates (NO_3) et l'ammonium (NH_4^+) leur valeur moyenne dépasse la norme internationale. Selon le rapport DCO/DBO₅, on en déduit que l'effluent est facilement biodégradable.

Au final, ces taux expliquent le bon fonctionnement de la STEP en ajoutant la bonne qualité des eaux traitées pour leur possible réutilisation.

Mots clés: STEP de chenoua, eaux usées, eaux traitées, paramètres physicochimiques, rendement.

Abstract

This study was carried out for the purpose of the evaluation of physico-chemical quality of the raw water and the purified water of Chenoua's wastewater treatment plant for a period of 3 months starting from March 2021 to May 2021.

The obtained physicochemical analysis revealed that the wastewater entering the WWTP exhibits fairly high organic pollution, and the results of the purified water showed an ambient temperature, an alkaline pH, and satisfactory purification yields for suspended solids, COD and BOD₅ with abatement rates of 95%, 91%, 97% respectively.

According to the results obtained there is a conformity between the values of the physico-chemical parameters analyzed and those recommended by national and international standards, except for nitrates and ammonium their average value exceeds the international standards. According to the COD / BOD₅ ratio, we deduce that the effluent is easily biodegradable.

In the end, these rates explain the good functioning of the WWTP by adding the good quality of the treated water for their possible reuse.

Key words : WWTP of Chenoua, Wastewater, purified water, physico-chemical parameters, yields.

ملخص

تهدف هذه الدراسة لتقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه المعكرة والنقية في محطة معالجة المياه بشنوة "تبيازة" في مدة زمنية قدرها ثلاثة أشهر بداية من مارس 2021 إلى ماي 2021.

أظهرت النتائج الفيزيائية والكيميائية للماء المعكر الداخلة إلى المحطة أنها تحتوي على تلوث عضوي مرتفع نوعا ما، أما بالنسبة إلى نتائج الماء النقي أظهرت درجة حرارة معتدلة، درجة حموضة قلوية ومردود مرضي للمواد العالقة أما الطلب الكيميائي والبيولوجي للأكسجين قدر ب 95%، 91% و 97% على التوالي.

النتائج المتحصل عليها تؤكد تطابق القيم الفيزيائية والكيميائية التي تم تحليلها مع تلك التي أوصت بها المعايير الوطنية والدولية باستثناء النترات والأمونيوم قيمها المتوسطة تتعدى المعيار الدولي. وفقا للنسبة DCO/ DBO5 نستنتج أن النفايات سهلة التحلل.

في النهاية: هذا المعدل يشرح التسيير الجيد للمحطة بالإضافة إلى النوعية الجيدة للمياه المعالجة من أجل إمكانية إعادة الاستعمال.

الكلمات المفتاحية: محطة تطهير المياه بشنوة "تبيازة"، المياه المعكرة، المياه المعالجة، المعايير الفيزيائية والكيميائية، المردود.

Liste des figures

Figure	Titre	page
01	Processus des boues activées.	18
02	schéma de la réutilisation directe et indirecte des eaux usées.	20
03	répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines.	21
04	Principales filières de traitement pour la réutilisation agricole des eaux résiduaires urbaines.	22
05	Situation géographique de la STEP (googleearth).	26
06	Station d'épuration de Chenoua (photos originales, 2021)	27
07	Matériel des analyses physicochimique (photos réelles, 2021)	35
08	Variation des valeurs de pH	36
09	Résultats de mesure de la température (°C).	37
10	Résultats de mesure de conductivité électrique.	38
11	Résultats de mesure des matières en suspension (mg/l).	39
12	Taux d'abattement de MES	39
13	Variation des valeurs de la DCO	40
14	Taux d'abattement de la DCO	41
15	Variation des valeurs de la DBO ₅	42
16	Taux d'abattement de la DBO ₅	42
17	Variation de la concentration moyenne mensuelle de l'azote total dans la STEP	44
18	Variation des valeurs de NH ⁴⁺ moyenne mensuelle de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP	45
19	Variation de la concentration moyenne mensuelle des nitrites dans la STEP	46
20	Variation de la concentration moyenne mensuelle des nitrates dans la STEP	47
21	Variation de la concentration moyenne mensuelle du phosphore total dans la STEP	48
22	Variation de la concentration moyenne mensuelle des ortho-phosphates dans la STEP	48
A1	Boitehach LCK 305 et LCK 303 (Ammonium NH ₄ ⁺)	Annexe

Liste des tableaux

Tableau	Titre	page
01	Sources d'eaux usées générées et composants types.	04
02	Composants majeurs typique d'eau usée domestique	06
03	Classification des eaux d'après leur pH.	13
04	Agents de coagulation.	16
05	Les types de prélèvement des eaux usées dans une station d'épuration.	29
06	Les paramètres physico-chimiques des eaux usées réalisés dans les bilans.	29
07	Sélection du volume des échantillons.	31
08	Résultats de mesures de DBO ₅ et DCO	43
A1	Résultats de mesure de pH	Annexe
A2	Résultats de mesure de la température (°C).	Annexe
A3	Résultats de mesure de conductivité électrique.	Annexe
A4	Résultats de mesure des matières en suspension (mg/l).	Annexe
A5	Normes physico-chimiques des rejets selon OMS(2006) et JORA (2009)	Annexe

Liste des abréviations

ADE : Algérienne des eaux.

CE : Conductivité électrique.

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande Chimique en oxygène.

EB : Eau brute.

EE : Eau épurée.

ET : Eau traitée.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

MES : Matière en Suspension.

MMS : Matières Minérales en Suspension.

MS : Matières sèches.

MV : Matières volatiles.

MVS : Matière volatile en Suspension (mg/L).

OMS : Organisation mondiale de la santé.

ONA : Office National d'assainissement.

SEAAL : Société des eaux et de l'assainissement d'Alger.

STEP : Station de traitement des eaux polluées.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Résumé

Listes des figures

Listes des tableaux

Listes des abréviations

Introduction 1

CHAPITRE 1 : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. GENERALITES SUR LES EAUX USEES	3
1.1 Définition des eaux usées :	3
1.2 Origine des eaux usées	4
1.3 Les eaux usées en Algérie	5
1.4 La composition des eaux usées	6
1.5 Caractéristiques des eaux usées	11
2. LES PROCEDES D'EPURATION DES EAUX USEES	14
2.1. Etapes de traitement des eaux usées	14
1.2 La réutilisation des eaux usées	20

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

3. MATERIEL ET METHODES	25
3.1. Qu'es ce qu'une STEP	25
3.2. Qui est SEAAL ?	25
3.3. Caractéristiques de la STEP de Chenoua	25
3.4. Techniques de prélèvement	28

3.5.	Analyses physico-chimiques	29
3.6.	Matériel utilisé en analyses physicochimiques	35

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

4.	RESULTATS ET DISCUSSION	36
4.1.	Paramètres physico-chimiques	36
4.2.	Paramètres de pollution organique	41
4.3.	Paramètres de la pollution azotée	45
Conclusion	51

Références bibliographique

Annexes

INTRODUCTION

Introduction

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel. Dans tous les pays, à l'exception des plus développés, la grande majorité des eaux usées sont directement rejetées dans l'environnement, sans traitement adéquat, ce qui a des effets néfastes sur la santé humaine, la productivité économique, la qualité des ressources d'eau douce environnementales, et les écosystèmes expérimentations.

En Algérie, Les disponibilités en eau sont estimées à 17 milliards de m³ par an dont 12 milliards de m³ dans les régions Nord (ressources souterraines 2 milliards de m³, ressources superficielles 10 milliards de m³) et 5 milliards de m³ dans le Sud. Sachant que toutes les ressources souterraines du Nord sont mobilisées en plus de 70% des ressources superficielles. Le volume annuel d'eaux usées domestiques rejetées est estimé à 800 millions m³. Ce sont des quantités importantes et facilement localisables que le pays ne peut négliger (**Metahri, 2012**).

Les eaux usées sont toutes les eaux chargées de différents éléments d'origine domestique, industrielle, artisanale, agricole ou autre ; elles sont de nature à polluer les milieux dans lesquels elles sont déversées. C'est pourquoi, dans un souci de respect du milieu récepteur, des traitements doivent être appliqués sur ces effluents. Ces traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle. La plupart des stations d'épuration fonctionnent selon les mêmes processus de base, mais des différences plus ou moins importantes peuvent exister dans la manière de mettre en place ces processus.

Une station d'épuration est une usine de traitement des eaux usées destinée à les rendre propre à être rejetées sans inconvénients majeurs dans le milieu naturel et rejoindre le cycle de l'eau, elle rassemble une succession de procédés qui permettent, petit à petit, de purifier l'eau : le **pré traitement** et le **traitement primaire** qui comprends le dégrillage, le dessablage, le déshuilage, et la décantation primaire où la boue est récupérée au fond du bassin, Le **traitement secondaire** se fait le plus souvent de manière « biologique », mais une voie « physico-chimique » peut la remplacer ou s'y ajouter, **Clarification et rejet des effluents : une** décantation qui permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques et finalement **la désinfection**.

Introduction

Cette étude a pour objectif l'analyse des paramètres physico-chimiques des eaux usées de la région de Tipaza, et de déterminer le degré de la pollution de l'eau et l'efficacité de la STEP au traitement de ces eaux, elle comporte quatre principaux chapitres :

- Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les eaux usées.
- Le deuxième chapitre présente les différents procédés de traitement des eaux usées.
- Le troisième chapitre est consacré à la partie : matériels et méthodes où nous débutons par la description de notre lieu de stage, à savoir la station d'épuration de Tipaza, la description du protocole expérimentale ainsi que les méthodes d'analyse utilisées.
- Le quatrième chapitre s'attache à présenter les résultats obtenus au cours des diverses expérimentations.

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX USÉES

1 GENERALITES SUR LES EAUX USEES

1.1 Définition des eaux usées

Ramade (2000) a défini les eaux usées comme étant des eaux ayant été utilisées pour des usages domestiques, industriels où même agricoles, constituant donc un effluent pollué et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout.

On distingue trois grandes catégories d'eaux usées :

1.1.1 Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique.

Elles se répartissent en eau ménagère, qui ont pour origine les salles de bain et les cuisines, et sont généralement chargés de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. et en eau "vannes" ; il s'agit des rejets de toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (**Vaillant, 1974**).

1.1.2 Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre.

En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte.

Elles sont mêlées en eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution (**Baumont., et al 2002**).

1.1.3 Les eaux usées pluviales

Les eaux de pluies ruissellent dans les rues où sont accumulés les polluants atmosphériques, poussières, détritiques, suies de combustion et hydrocarbures rejetées par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversés dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique (**Metahri, 2012**).

1.2 Origine des eaux usées

Selon Eckenfelder, (1982), les eaux usées proviennent de quatre sources principales :

1. Les eaux usées domestiques ;
2. Les eaux usées industrielles ;
3. Les eaux de pluie et de ruissellement dans les villes ;
4. Le ruissellement dans les zones agricoles.

Tableau I. Sources d'eaux usées générées et composants types.

Sources d'eaux usées	Composants types
Eaux usées domestiques	Excréments humains (microorganismes pathogènes), nutriments et matières organiques. Peuvent également contenir des polluants émergents (par exemple, produits pharmaceutiques, médicaments et perturbateurs endocriniens)
Eaux usées municipales	Très large éventail de contaminants tels que microorganismes pathogènes, nutriments, matières organiques, métaux lourds et polluants émergents
Eau de ruissellement urbain	Très large gamme de contaminants, notamment : produits de combustion incomplète (par exemple les hydrocarbures aromatiques polycycliques et le carbone noir/la suie provenant de la combustion de combustibles fossiles), caoutchouc, huile moteur, métaux lourds, déchets non dégradables/organiques (surtout les matières plastiques des routes et des espaces de parking), matières en suspension, et engrais et pesticides (provenant des pelouses
Eau de ruissellement agricole (écoulement de surface)	Microorganismes pathogènes, nutriments provenant des engrais appliqués sur les sols, et pesticides et insecticides issus des activités agricoles.
Production de bétail	Charges organiques (souvent très élevées) et résidus de médicaments vétérinaires (par exemple antibiotiques et hormones de croissance artificielles).
Aquaculture terrestre	Les effluents provenant des bassins de sédimentation sont

	généralement riches en matières organiques, matières en suspension (particules), nutriments dissous, métaux lourds et polluants émergents.
Eaux usées industrielles	Les contaminants dépendent du type d'industrie
Activités minières	Le drainage des résidus contient souvent des matières en suspension, des niveaux élevés d'alcalinité ou d'acidité, des sels dissous, du cyanure et des métaux lourds. Il peut également contenir, selon l'activité minière, des éléments radioactifs.
Production d'énergie	L'eau produite dans le secteur de l'énergie est souvent une source de pollution thermique (eau chauffée) et contient généralement de l'azote (c'est-à-dire de l'ammoniac et des nitrates), des matières dissoutes totales, du sulfate et des métaux lourds.
Lessivat des décharges	Contaminants organiques et inorganiques, avec potentiellement de fortes concentrations de métaux et de produits chimiques organiques dangereux.

(UNWWD, 2017)

1.3 Eaux usées en Algérie

En Algérie, les eaux usées représenteront un volume très appréciable de près de 2 milliards de m³, si la demande en eau est totalement satisfaite à cet horizon. Un tel volume, une fois épuré, pour des considérations écologiques ou de protection des ressources en eau, sera très apprécié quant à son utilisation par l'agriculture ou l'industrie (**Hannachi et al., 2014**).

Actuellement, l'Algérie dispose de 172 stations d'épuration (STEP et lagunes) en fonctionnement avec une capacité installée estimée à 12 millions EQH (équivalent habitant) soit 800 hm³ /an.

La réutilisation des eaux usées épurées notamment à des fins agricoles est devenue l'un des axes principaux de la stratégie du secteur des ressources en eau en Algérie. L'assainissement en Algérie a toujours fait partie des missions relevant du domaine de l'hydraulique et sa gestion est restée indissociable de celle de l'alimentation en eau potable. « L'assainissement a été considéré comme le parent pauvre des investissements du secteur des

ressources en eau ». Depuis l'indépendance et durant les trois premières décennies, les systèmes d'assainissement hérités de la période coloniale étaient basés sur des égouts qui débouchaient sur les oueds pour finir en mer engendrant ainsi la pollution des eaux et du littoral. Cette situation a changé à la suite de la création du ministère des Ressources en eau, le 25 octobre 2000. En effet, la gestion de l'assainissement dissociée de celle de l'alimentation en eau potable (**Hannachi et al., 2014**).

1.4 Composition des eaux usées

La composition des eaux usées (**Tab.II**) est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc ...)

Tableau II. Composants majeurs typique d'eau usée domestique

Constituants	Concentration (mg/l)		
	Fort	Moyen	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous (TDS) ¹	850	500	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	6
Chlore ¹	100	50	30
Alcalinité (CaCo ₃)	200	100	50
Graisses	150	100	50
DBO ₅ ²	300	200	100

(**FABY, 1997**)

Selon Faby, (1997), elle dépend :

- de l'activité humaine (eaux ménagères et eaux vannes),
- de la composition des eaux d'alimentation en eau potable et, accessoirement, de la nature des matériaux entrant dans la constitution des canalisations d'eau, pour les composés chimiques,
- de la nature et de la quantité des effluents industriels éventuellement rejetés dans le réseau urbain.

Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les micro-organismes, les matières en suspension, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives (**Baumont et al., 2004**).

1.4.1 Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (**Faby, 1997**).

1.4.2 Micropolluants organiques et non-organiques

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées.

La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante.

Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes (**Baumont et al., 2004**).

- **Eléments traces**

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants (de l'ordre de quelques $\mu\text{g/l}$) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb.

Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces.

Leur origine est multiple : ils proviennent « des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels » (**Cauchi, 1996**).

Certains éléments traces, peu nombreux, sont reconnus nécessaires, en très faibles quantités, au développement des végétaux : le bore, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre et le molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments (**Faby, 1997**).

- **micropolluants organiques**

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique de détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales : eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc.

Ils peuvent aussi provenir de rejets industriels quand ceux-ci sont déversés dans les égouts ou même des traitements de désinfections des effluents par le chlore (haloformes) (**Xanthoulis, 1993**).

Les principales familles de la chimie organique de synthèse sont représentées : hydrocarbures polycycliques aromatiques, chlorophénols, phtalates... avec une concentration de l'ordre de 1 à 10 μ g/l dans les effluents.

Dans le sol, ces micropolluants restent liés à la matière organique ou adsorbés sur les particules du sol. Cependant, quelques composés ioniques (pesticides organochlorés, solvants chlorés) peuvent être entraînés en profondeur.

Il semble que les plantes soient susceptibles d'absorber certains composés organiques, mais il existe peu de données disponibles à ce sujet. Les PCB, quant à eux, restent fixés à 97 % dans les racines.

En raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, on les retrouvera concentrés dans les boues et c'est surtout lors de l'épandage de ces dernières que leurs teneurs devront être contrôlées (**Faby, 1997**).

Les pesticides sont les éléments traces les plus surveillés, et une étude d'impact et de métabolisme est obligatoire avant leur mise sur le marché. Par contre, le danger représenté par tous les autres polluants organiques est encore mal apprécié actuellement. Les contrôles de routine ne permettent pas de repérer toutes les toxines.

Par ailleurs, on ne connaît rien de la toxicité des mélanges complexes qui peuvent se former par réaction entre les différents contaminants (**Baumont et al., 2004**).

1.4.3 Substances nutritives

L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées ou non. D'une façon générale, une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare :

- de 16 à 62 kg d'azote,
- de 2 à 69 kg de potassium,
- de 4 à 24 kg de phosphore,
- de 18 à 208 kg de calcium,
- de 9 à 100 kg de magnésium,
- de 27 à 182 kg de sodium (**Faby, 1997**).

➤ L'azote

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+) (**Martin, 1979**).

La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

- N organique à NH_4^+ : ammonification
- NH_4^+ à NO_2^- : nitrification par Nitrosomonas
- NO_2^- à NO_3^- : nitrification par Nitrobacter (**Chellé et al., 2005**).

➤ Le phosphore

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l (soit 15 à 35 mg/l en P_2O_5). Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement (**FAO, 2003**). Mais s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation ; cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes. On ne rencontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore (**Asano, 1998**).

➤ **Le potassium (K⁺)**

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l de K₂O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins (**Faby, 1997**). Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes (**FAO, 2002**).

➤ **Chlore et sodium**

Leur origine est

- Naturelle (mer : 27g/l NaCl, et terrains salés)
- humaine (10 à 15g/l NaCl dans les urines/j).
- industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire) (**Gaujous, 1995**).

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres (**Faby, 1997**).

1.4.4 Qualité microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (**Baumont et al., 2004**).

- **Les virus**

Les virus sont des organismes de très petite taille (10 à 350 nm). Ils ne sont constitués que d'une molécule d'ADN ou d'ARN, entourée d'une capsid (coque protéique). Ne possédant ni noyau, ni capacité de synthèse, ce sont des parasites obligatoires d'une cellule vivante dont ils détournent, à leur profit, les systèmes enzymatiques, énergétiques et de synthèse. L'infection d'un individu par un virus hydrique se produit dans la majorité des cas par l'ingestion, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation. Les virus sont relativement spécifiques d'un hôte. Il existe des virus adaptés à chaque type d'hôtes (animaux, hommes, plantes, champignons, algues, bactéries). Les virus entériques transmis par ingestion sont, avec les virus respiratoires transmis par inhalation d'aérosols, les plus importants pour la santé humaine (**Vandermeersch, 2005**).

- **Les bactéries**

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g. La majorité de ces bactéries ne sont pas pathogènes. Cependant, chez un hôte infecté, le nombre de bactéries pathogènes peut être très important. Les bactéries entériques sont adaptées aux conditions de vie dans l'intestin, c'est-à-dire une grande quantité de matière carbonée et de nutriments. Leur temps de survie dans le milieu extérieur, où les conditions sont totalement différentes, est donc limité. Par ailleurs, les bactéries pathogènes vont se trouver en compétition avec les bactéries indigènes, ce qui limitera leur développement (**Baumont et al., 2004**).

- **Les protozoaires**

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste (**Baumont et al., 2004**).

- **Les helminthes**

Les helminthes sont des vers multicellulaires plats (plathelminthes) ou ronds (némathelminthes). Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Ce sont, pour la plupart, des vers intestinaux, souvent rejetés avec les matières fécales sous forme d'oeufs très résistants. La contamination se fait par ingestion ou par voie transcutanée (par fixation puis pénétration des larves à travers la peau (**Vandermeersch, 2005**)).

1.5 Caractéristiques des eaux usées

Les principaux paramètres physicochimiques analysés au cours de la partie expérimentale ainsi que les paramètres bactériologiques les plus rencontrés dans les eaux usées sont les suivants :

1.5.1 Paramètres physiques

- **La température**

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH, dans la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, et est importante dans la nitrification et la dénitrification biologique (**Rodier, 2015**).

- **matières en suspension (MES)**

Les MES représentent l'ensemble des matières solides et colloïdales floculées, organiques ou minérales, contenues dans une eau usée et pouvant être retenues par filtration ou Centrifugation (**Bassompierre, 2007**).

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

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension. Elles sont mesurées par calcination à 6500°C d'un échantillon dont on connaît déjà la teneur en MES. Après évaporation de la parties organique des matières en suspension, La quantité de MVS est obtenue par différence entre les quantités de MES et de MMS (**Chekroun, 2013**).

- Les matières minérales

Elles représentent donc le résidu de la calcination, et correspondent à la présence de sels, silice, poussière par exemple (**Chekroun, 2013**).

- Les coliformes

Ce sont des bactéries, retrouvées dans les intestins des animaux à sang chaud. Pourtant, s'il y en a dans les eaux usées, cela indique que des bactéries pathogènes pourraient y être aussi présentes (**Chekroun, 2013**).

1.5.2 Paramètres organoleptiques

- **turbidité**

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau (**Metahri, 2012**).

- **couleur et l'odeur**

La couleur et l'odeur des eaux usées renseignent sur l'âge des déchets liquides. Une eau usée domestique fraîche a un aspect grisâtre et dégage des odeurs plutôt tolérables, ce qui n'est pas le cas des eaux plus vieilles. Ceci est dû à la formation de gaz ou à la prolifération de certains micro-organismes.

1.5.3 Paramètres chimiques

- **potentiel Hydrogène (pH)**

Le pH représente l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. Le pH d'une eau domestique ou urbaine se situe généralement entre 6.8 et 7.8. Au-delà, c'est l'indice d'une pollution industrielle (**Dahou A et B., 2013**).

Tableau III. Classification des eaux d'après leur pH.

pH < 5	Acidité forte présence d'acides minéraux ou organique dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée majorité de eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH > 8	Alcalinité forte, évaporation intense

(**Attab, 2013**)

- **conductivité électrique (CE)**

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (**Rejsek, 2002**). Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500 $\mu\text{Sm/cm}$, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire.

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales) (**Chekroun, 2013**).

- **Demande Biochimique en oxygène (DBO)**

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu, Elle repente la demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (**Chekroun, 2013**).

CHAPITRE II

LES PROCÉDÉS D'ÉPURATION DES EAUX USÉES

2. LES PROCEDES D'EPURATION DES EAUX USEES

2.1 Etapes de traitement des eaux usées

2.1.1 Prétraitement

Le prétraitement a pour objectif l'extraction des matières les plus grossières (brindilles, feuilles, tissus, ...) et des éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend : le dégrillage, le dessablage, le dégraissage et déshuilage (**Bassompierre, 2007**).

➤ Dégrillage

Le dégrillage est une opération indispensable pour éliminer de gros objets susceptibles de gêner le fonctionnement des procédés situés en aval. Il permet de séparer et d'évacuer les matières volumineuses, amenées par l'effluent à traiter. L'efficacité de ce traitement dépend essentiellement de l'écartement des barreaux des grilles qui sont de trois types :

- Dégrillage fin (écartement 3 à 10 mm) ;
- Dégrillage moyenne (écartement 10 à 25 mm) ;
- Dégrillage grossier (écartement 50 à 100 mm) (**Satin et Selmi, 2006**).

➤ Dessablage

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

➤ Déshuilage et dégraissage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre de figer les graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient par la suite (**Degrement, 1989**). La rétention environ 80% de la matière grasse lorsque la température est inférieure à 30°C (**Degrement, 1995**).

2.1.2 Traitement primaire

Le traitement primaire constitue une pré-épuration non négligeable pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel. Il fait appel à différents procédés physiques et chimiques.

Les matières décantables se déposent au fond ou flottent à la surface par différence de densité ou après l'adjonction de produit agglomérant les matières, accélérant leur flottation ou leur sédimentation (**Satin et Selmi, 2006**).

Le traitement primaire élimine plus de la moitié des matières en suspension jusqu'à 60% et de la matière organique de l'ordre de tiers de la DBO5 entrante (**Degrement, 1989**).

➤ Procédés de décantation physique

• Décantation

La décantation a pour principe d'éliminer les particules en suspension par gravité, les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les "boues primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage (**Vilaginés, 2010**).

L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation, ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées. Ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules. Une décantation lamellaire permet d'éliminer plus de 70 % des matières en suspension. La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable (**Daloz, 2007**).

• Flottation

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient (**Vilaginés,**

2010). Pour l'extraction des particules en suspension, on fait appel à des techniques de clarification et d'épaississement par insufflation d'air. Les bulles d'air s'accrochent aux particules fines à éliminer en les ramenant à la surface de l'eau (**Satin et al., 2010**).

Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspensions et réduit d'environ 30% de la DBO5 et de la DCO (**Vilaginés, 2000**).

➤ Procédés de décantation chimique

La coagulation concerne des colloïdes et des particules très petites. Par contre, au niveau des particules plus grosses, nous parlerons de floculation. Ces processus sont considérés comme des traitements préparatoires. De nombreuses séparations solide-liquide, la décantation et la flottation permettent d'éliminer 75% de la DBO5 et jusqu' à 90 % des matières en suspension (Edeline, 1992).

Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif qui provoque l'agglomération des particules en suspension, puis une accélération de leur chute au fond de l'ouvrage (Daloz, 2007).

• Coagulation

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles tendent à éloigner les particules les unes des autres et par conséquent, à les stabiliser dans la solution. Le but principal de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération (Desjadins, 1997).

La coagulation est utilisée pour agglomérer les particules de très petite taille. Les MES souvent de très petite dimensions, sédimentent difficilement, pour faciliter leur prise en masse, on utilise des agents chimiques appelés coagulants. L'ajout de ces coagulants permettent l'accroissement de la taille des MES et une décantation plus rapide, déstabiliser les suspensions colloïdales, la réduction de la turbidité et la concentration en polluants dissous par précipitation (Gregorio *et al.*, 2007).

Tableau IV. Agents de coagulation.

Produit	Formule chimique
Sulfate d'alumine	Al ₂ (SO ₄) ₃
Sulfate de fer	FeSO ₄
Aluminate de soude	NaAlO ₂
La chaux	Ca(OH) ₂
Chlorure ferrique	FeCl ₃

(Desjadins, 1997)

• Floculation

La floculation permet l'agglomération des particules de colloïdes granulaires lorsqu'elles favorisent les contacts entre les particules colloïdales déstabilisées et leur

agglomération. Cette floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules formée par la coagulation (**Gregorio *et al.*, 2007**).

D'après **Mouchet (2000)**, La formation du floc étant amorcée par l'introduction du coagulant, il est nécessaire d'accroître son volume, sa masse et sa cohésion. Une bonne floculation est favorisée par :

- Une coagulation préalable aussi parfaite que possible ;
- Une augmentation de la quantité du floc dans l'eau ;
- Un brassage homogène et lent pour tout le volume d'eau ;
- L'emploi de certains produits appelés flocculant ou adjuvant de coagulation.
- Les adjuvants les plus utilisés sont :
 - Flocculant minéraux : silice activée ;
 - Flocculant organiques (polymères à haut poids moléculaires) d'origine naturelle tel que l'alginate ou d'origine synthétique (polyélectrolyte anionique, cationique ou non ioniques).

2.1.3 Traitement biologique

Le traitement biologique consiste à l'utilisation de la flore bactérienne dans les eaux usées pour dégrader les matières organiques polluantes. Il constitue le second grand stade de l'épuration des eaux de raffinage. Ce stade est destiné initialement à éliminer la DBO5 et la DCO qui subsiste après l'épuration physico-chimique (**Koller, 2009**).

➤ **Technologie de traitement par des cultures bactériennes libres**

Le traitement par des cultures bactériennes libres utilisé jusqu'à maintenant, mettent en œuvre des micro-organismes maintenus en suspension sous la forme des floes au sein du liquide à traiter (**Gaid, 1993**).

• **Traitement biologique par boues activées**

Le procédé à boues activées consiste à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eaux usées à traiter (bassin d'aération) (**Koller, 2004**), l'apport d'air dans le bassin d'aération pour la satisfaction de la DBO5 et pour la respiration de la masse cellulaire. Il est destiné à contribuer au brassage et au maintien en suspension des boues activées (**Berne et Cordonnier, 1991**). Il permet d'obtenir des performances poussées pour éliminer le carbone, l'azote et le phosphore. Le bassin d'aération peut être

précéder d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières en suspension décantables et sera suivie d'un clarificateur qui assurera la séparation de l'effluent épurée avec les boues, celle-ci seront en partie recyclée dans le bassin d'aération pour assurer le réensemencement et la concentration permanente, et l'autre partie extraites vers le traitement des boues (Koller,2004).

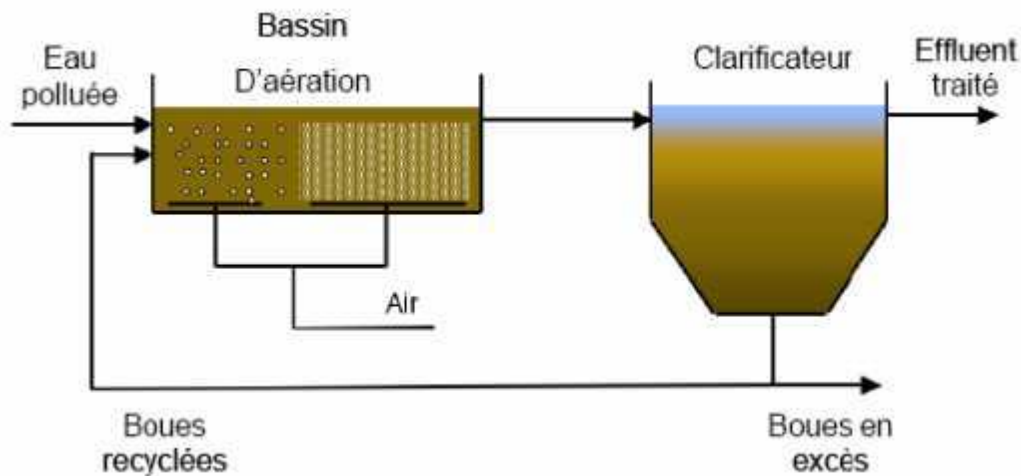


Figure 1. Processus des boues activées (Bassompierre, 2007).

- **Lagunage**

On distingue 2 types de lagunage :

- **Lagunage naturelle :**

Les eaux usées admises sur un lagunage naturel sont dégradées par un écosystème constitué essentiellement d'algues microscopiques, de bactéries aérobie et anaérobie et une microfaune adaptée. L'oxygène dissout nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques en présence de rayonnement solaire (Gregorio *etal.*, 2007).

- **Lagunage aérée**

Le lagunage aérée consiste à intensifier l'activité aérobie par un apport artificiel d'oxygène par des aérateurs mécaniques flottants ou fixes ou une insufflation d'air avec un long temps de séjour des effluents dans des bassins pour parvenir à une épuration poussée (Mollela, 2006).

➤ **Technologies de traitement par des cultures bactériennes fixes**

Le traitement par des cultures bactériennes fixes regroupe tous les procédés où la biomasse épuratrice est accrochée sur un support solide à travers l'eau à traiter (**Gaid, 1993**).

- **Lits bactériens**

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler l'eau à traiter préalablement décantée sur une masse de matériau (naturelle ou plastique), servant de support aux microorganismes épurateurs, qui y est formé d'un film épais. Les microorganismes fixés éliminent les matières organiques par absorption des constituants solubles et en suspension (**Degrement, 1995**).

- **Les bio-filtres**

Les bio-filtres combinent des processus physiques et biologiques par l'utilisation d'un matériau filtrant millimétrique immergé, aéré ou non selon le traitement recherché et sur lequel se fixent les populations bactériennes, qui vont participer à la dégradation de la charge polluante apportée par l'effluent. Sous l'effet du développement de la biomasse et de l'accumulation des MES, le bio-filtre se colmate et nécessite un lavage périodique (le plus souvent quotidien) (**Deronzier et Choubert, 2004**).

- **Les disques biologiques**

Les disques biologiques, faisant appel aux cultures fixées sont constitués par les disques biologiques tournants où se développent les micro-organismes et forment un film biologique épurateur à la surface. Les disques sont semi immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée (**Audic, 2002**).

2.1.4 Le traitement tertiaire

Appelés aussi traitements complémentaires qui visent l'élimination de la pollution azotée et phosphatée, ainsi que la pollution biologique des eaux usées, ayant déjà subi des traitements primaires et secondaires, afin d'améliorer la qualité générale de l'eau. Les traitements tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie (**Metahri, 2012**). Parmi les traitements existants, nous pouvons citer (**Degrement, 1989**) :

➤ **La désinfection**

Elle est nécessaire lorsque les eaux usées traitées sont rejetées dans un milieu aquatique à usage balnéaire (plages, zones d'activités nautiques ou touristiques).

➤ **Les traitements de finition**

Pour certains usages, il est conseillé d'atteindre des concentrations très basses en MES, DCO, DBO, azote et phosphore.

➤ **traitement sur charbon actif**

Le traitement sur charbon actif peut être intéressant pour certaines molécules résistantes aux traitements biologiques, bien souvent lorsque la STEP accueille des eaux industrielles. Ils permettent par exemple d'enlever la couleur de l'effluent.

2.2 Réutilisation des eaux usées

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques (Ecosse, 2001)

2.2.1 Les principales voies de réutilisation

En fonction des exigences de qualité des consommateurs, deux grandes classes de réutilisation peuvent être définies :

- Les usages potables qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel (**Figure 2**).
- Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriel et urbain.

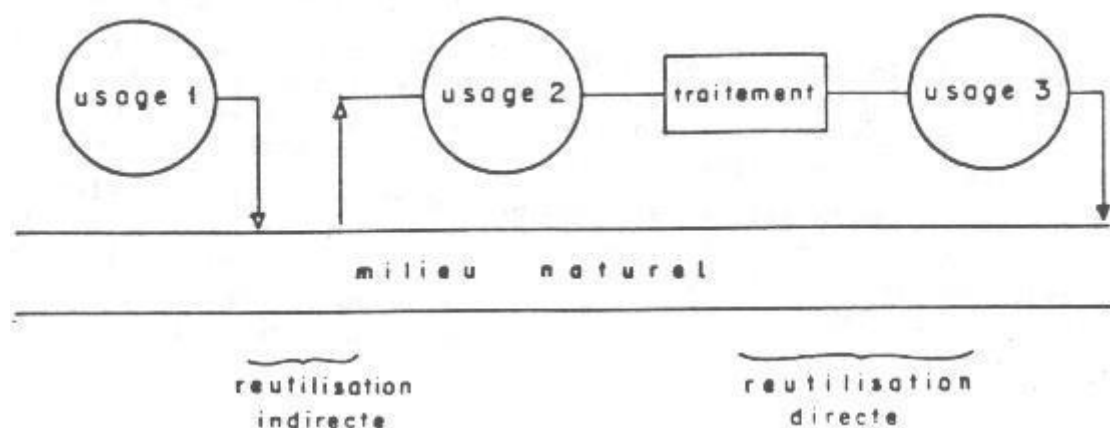


Figure 2. Schéma de la réutilisation directe et indirecte des eaux usées (Landreau, 1982).

Au plan mondial, l'utilisation de cette technique par l'agriculture, l'industrie et les usages domestiques couvre respectivement 70 %, 20 %, 10 % de leur demande en eau.

La (**Figure.3**) résume les principales voies de réutilisation dans les pays ayant une expérience significative dans ce domaine. Il apparaît que la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen, le Sud des Etats-Unis. Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des Etats-Unis, l'espace méditerranéen, l'Australie, l'Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud (**Lazarova, 1998**).

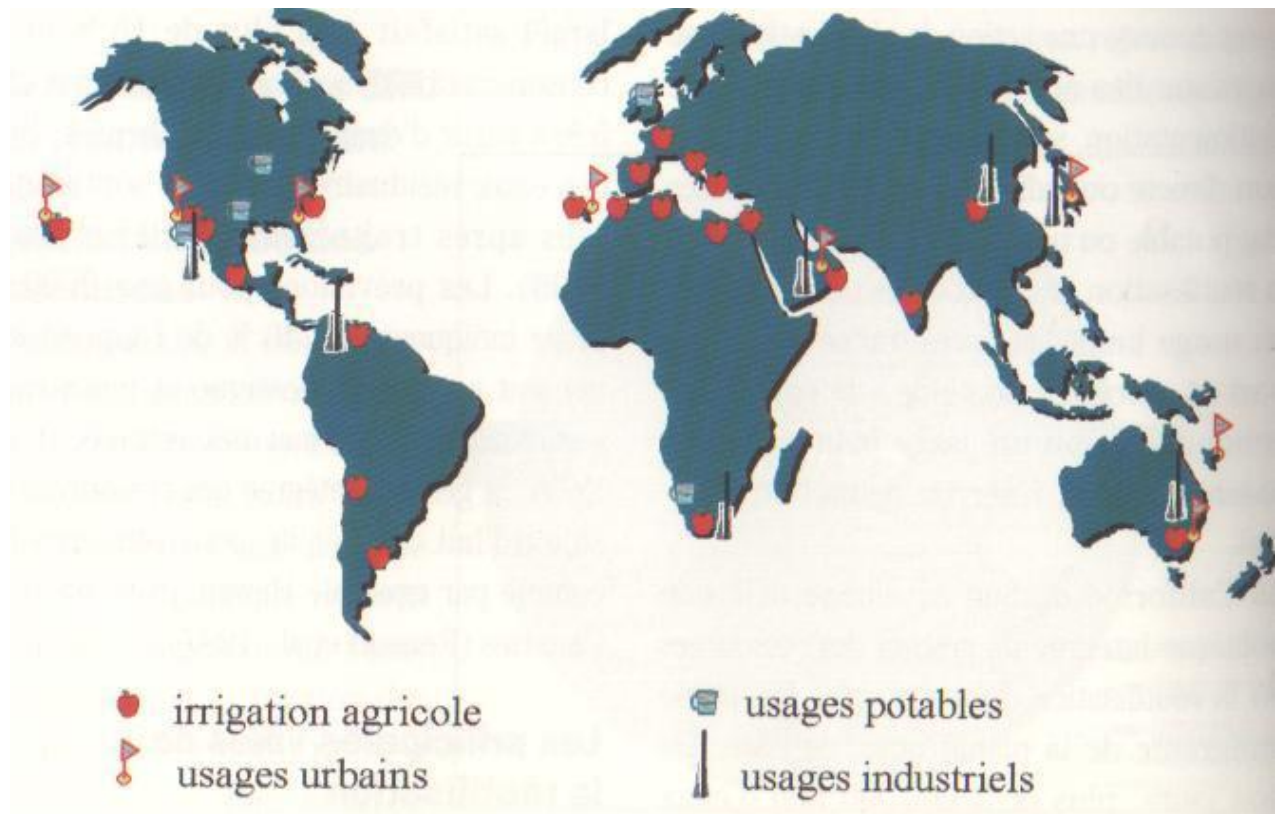


Figure 3. Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines (**Lazarova, 1998**).

➤ **Le secteur agricole :**

L'irrigation de cultures ou d'espaces verts est, de très loin, le mode le plus répandu de réutilisation des eaux usées urbaines (**figure.4**). C'est aussi, si on le compare aux autres modes de réutilisation, qu'il s'agisse du double réseau urbain, des usages industriels, ou des recharges d'aquifère, celui qui a le plus d'avenir à court et à moyen terme (**Faby, 1997**).

Dans le cas spécifique de l'irrigation, les bénéfices ne résident pas seulement dans la préservation du milieu et de la ressource, mais aussi dans la nature des eaux usées. En effet, elles contiennent des éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium) ainsi que des oligoéléments (fer, cuivre, manganèse, zinc, etc.) qui sont bénéfiques pour les cultures, et qui peuvent augmenter significativement le rendement. Les MES contribuent également à la fertilisation des sols car elles sont riches en matière organique. L'utilisation d'eaux usées à la place d'engrais de synthèse coûteux est économiquement intéressante pour les agriculteurs. De plus, l'arrosage avec des eaux usées constitue une sorte de fertigation, c'est-à-dire l'application combinée d'eau et de fertilisants via le système d'irrigation.

La fertigation permet un apport fractionné et à faible dose des engrais ; en cela elle est bénéfique pour l'environnement car elle évite la pollution des sols et les dépendances aux fertilisants, qui sont des phénomènes qui apparaissent avec une fertilisation classique (**Asano, 1998**).

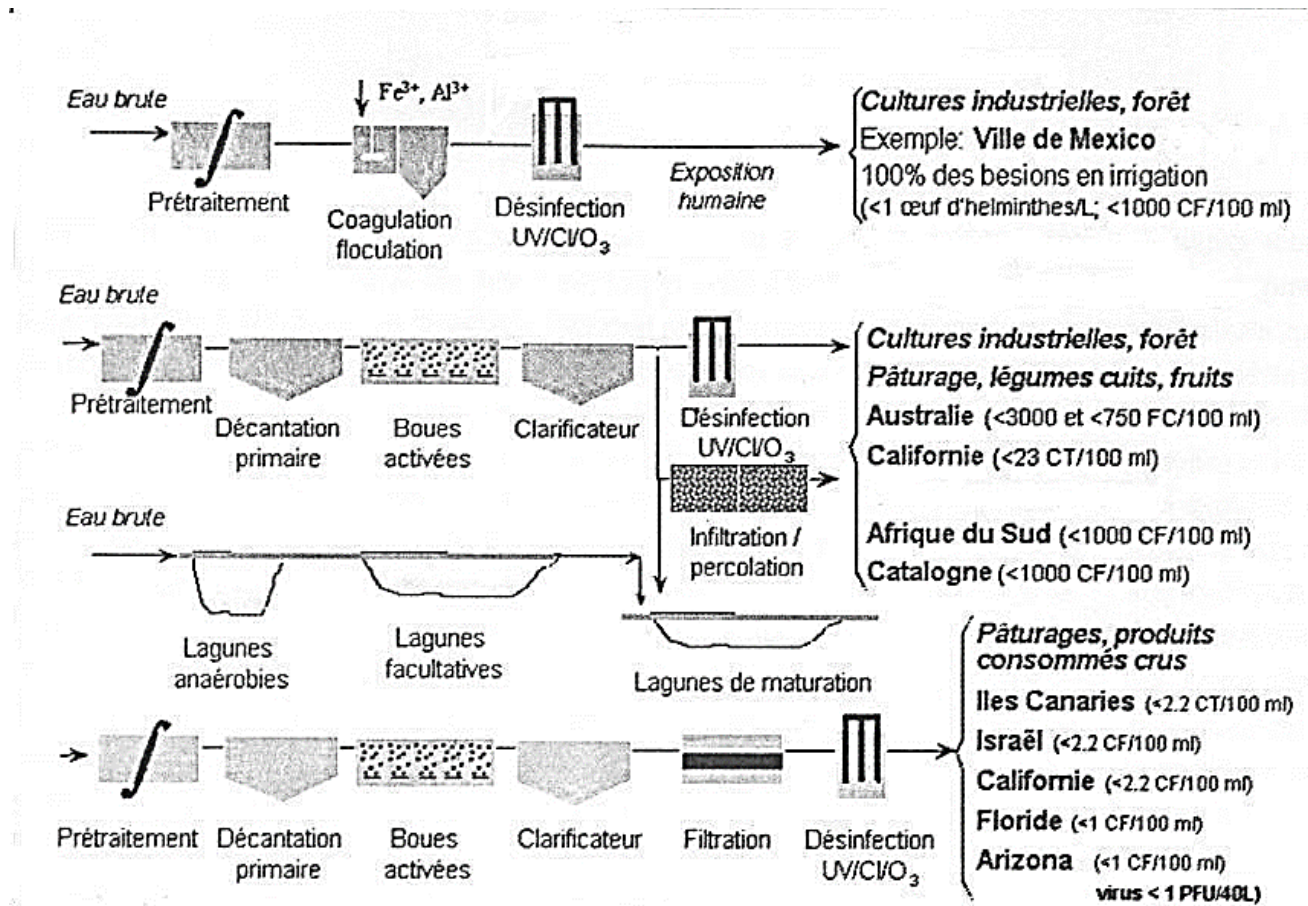


Figure 4. Principales filières de traitement pour la réutilisation agricole des eaux résiduaires urbaines (d'après Lazarova, 1999 cité par Ecosse, 2001).

➤ **Le secteur industriel :**

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau. Les secteurs les plus grands consommateurs en eau sont les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries. La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle. La part des eaux usées urbaines ne dépasse pas 15% du volume des eaux réutilisées en industrie (Lazarova, 1998).

➤ **Le secteur urbain et périurbain**

• **Réutilisation pour un usage non-alimentaire :**

Les usages urbains et périurbains des eaux usées correctement traitées se développent rapidement et deviennent un élément fondamental de la politique de gestion intégrée de l'eau dans les grandes agglomérations (**Renaud et al., 1997**).

Les bénéfices obtenus sont importants. Il faut noter en premier, la réduction de la demande en eau potable qui peut atteindre 10-15 %, voire 40 % dans les zones résidentielles avec beaucoup d'espaces verts (**Miller, 1998**). Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie. Une autre application importante est le recyclage en immeuble avec, par exemple l'utilisation de l'eau ménagère traitée pour le lavage des sanitaires. Les normes qui régissent la qualité des eaux usées destinées à de tels usages sont très sévères et voisines à celles en vigueur pour l'eau potable (**Ecosse, 2001**).

• **Réutilisation pour un usage alimentaire (eau « potable »)**

Le progrès technologique du métier de l'eau permet de produire une eau de très bonne qualité, même à partir des eaux usées. De nombreuses études ont conclu à l'absence d'objection pertinente à la réutilisation des eaux résiduaires correctement traitées à des fins potables. Toutefois, les principales contraintes pour ce type d'usage sont psychologiques et culturelles associées à la perception de l'eau usée comme dangereuse et malsaine. De ce fait, la tendance principale aujourd'hui est l'usage indirect, après un séjour temporaire de l'eau usée traitée dans le milieu naturel. En fonction de la destination de l'eau réutilisée, ce type de réutilisation peut être classé soit dans la catégorie de réutilisation potable, soit pour des usages non potables. Dans le premier cas, il faut souligner l'impact psychologique très positif de ce détour par le milieu naturel qui permet à l'eau destinée à la réutilisation de perdre son identité d'eau usée (**Lazarova, 1998**).

CHAPITRE III

MATÉRIELS ET MÉTHODES

3 MATERIEL ET METHODES

Cette étude consiste à effectuer des analyses physico-chimiques des eaux brutes et épurées de la station d'épuration (STEP) de chenoua (wilaya de Tipaza). Durant une période de 3 mois s'étalant du mois de mars 2021 jusqu'au mois de mai 2021.

3.1 Qu'est-ce qu'une STEP

C'est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques ou industrielles. Le but du traitement est de séparer les eaux des substances indésirables pour le milieu récepteur (protection de l'environnement).

Une STEP est généralement installée à l'extrémité d'un réseau de collecte ; elle peut utiliser plusieurs principes de traitement physique ou biologique et le types de ces dispositifs dépendent du degré de la pollution des eaux à traité.

3.2 Qui est SEAAL ?

La société des eaux et de l'assainissement d'Alger ; c'est une société publique par action détenu à 70% par l'algérienne des eaux « ADE » et à 30% par l'office nationale de l'assainissement « ONA ».

La principale mission de SEAAL est de produire et de desservir en eau potable puis collecter et traiter les eaux usées sur le périmètre des wilayas d'Alger et de Tipaza ; elle dessert ainsi 3.8 millions d'habitants soit environ de 10% de la société nationale.

SEAAL gère également la station de traitement d'eau potable de Taksebt la plus importante station de traitement algérienne qui approvisionne en eau potable les wilayas de Tizi-ouzou, Boumerdes et Alger. Au total elle fournit donc directement ou indirectement de l'eau potable à une population d'environ 5 millions d'habitants.

3.3 Caractéristiques de la STEP de Chenoua

La STEP de Chenoua est située dans la ville de Tipaza, à la région de Chenoua en périphérie nord-ouest de la ville, d'environ 70 Km à l'ouest d'Alger.

Depuis janvier 2012 la société SEAAL exploite la station d'épuration de Tipaza et depuis 2008 elle est certifiée selon ISO 14001/2004.



Figure 5. Situation géographique de la STEP (Google Earth).

Elle a une capacité nominale de 70000 EH soit un débit moyen journalier de 11200 m³

- Les communes raccordées : Nador, Sidi ameur et Tipaza.

-Débit moyen horaire : 467 m³/h.

-Nature du réseau : unitaire.

-Le déversement de la STEP se fait à oued el Nador.



Figure 6. Station d'épuration de Chenoua (photos originales, 2021).

3.4 Techniques de prélèvement

Le prélèvement d'eau usée est effectué par :

- Des préleveurs automatiques.
- Des préleveurs manuels.

3.4.1 Préleveurs automatiques

En cas de présence de préleveurs non asservi au débit le réglage se fait par rapport au temps avec la reconstitution du prélèvement proportionnel au débit.

Le temps de remplissage de chaque flacon est de 24h divisé par le nombre de flacons du préleveur (12 flacons).chaque 12 min on prélèvera 100 ml pendant 2h.

Reconstitution de l'échantillon moyen proportionnel au débit :

V_F = Volume du flacon (prélèvement)

Q_F = Volume d'entrée pendant la tranche horaire du prélèvement dans le même flacon.

Q = Volume total d'entrée.

$$V_p = V_F \times \left(\frac{Q_F}{Q}\right) ml$$

V_p = Volume à prélever

Ce volume est multiplié par 2 pour avoir un volume final de 2 litres.

Dans le cas de non possibilité de reconstitution de l'échantillon moyen proportionnel au débit, réglage se fait par rapport au temps, chaque 12 min il prélèvera 100 ml pendant 24h.

3.4.2 Prélèvement manuel

En cas d'absence ou de panne de préleveur, un opérateur désigné par le chef d'exploitation effectue les prélèvements selon le planning. Chaque 2h il prélève 1000 ml entre 8h et 16h. À chaque étape du traitement. (Eau brute, décantée, traitée by pass), ces prélèvements sont transmis au laboratoire.

On prend à chaque prélèvement 500 ml pour la reconstitution de l'échantillon moyen et la conservation au réfrigérateur.

Tableau V. Les types de prélèvement des eaux usées dans une station d'épuration.

Type de prélèvement	Étapes du traitement	Qui	Durée du prélèvement	Délai de prélèvement	Quantité	Reconstitution d'un échantillon moyen au laboratoire
Automatique	Eau brute/Eau épurée	Préleveur	24 heures	Chaque 12 min	100 ml pendant 2h	$V\rho$ $= V_f$ $\times \left(\frac{Q_f}{Q}\right) 2ml$
Manuel	By pass-eau décantée en cas de la panne du préleveur	Opérateur	8H00 – 16H00	Chaque 2h	1000 ml	500 ml par prélèvement effectué

3.5 Analyses physico-chimiques

Deux types de bilans ont été effectués au sein de la station, bilan A et Bilan C (Tableau.VI)

Tableau VI. Les paramètres physico-chimiques des eaux usées réalisés dans les bilans.

Bilan A	Bilan C
MES – DCO – DBO5 (EB, EE) – NT – NH ₄ – NO ₂ – NO ₃ – PT (EB, EE) – PO ₄ – pH – Température – Conductivité électrique.	MES – DCO (EB, ET) – pH – Température – Conductivité électrique.

3.5.1 Potentiel d'hydrogène pH

- **But** : la détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau.
- **Mode opératoire**
 - Les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre ou en plastique, la durée de conservation est de 24h.
 - Transvaser l'échantillon à analyser dans un récipient (bêcher) préalablement rincé avec de l'eau distillée et avec l'échantillon même.
 - Immerger l'électrode soigneusement rincé et atteindre la stabilité de la valeur du pH.
 - Noter cette dernière ainsi que la valeur de la température de l'échantillon au cours du mesurage.

3.5.2 Température et conductivité électrique

- **But** : La Détermination de la température et la minéralisation de l'eau brute et épurée à l'aide d'un appareil multi-paramètre (Conductimètre).
- **Mode opératoire** :
 - Préparer l'appareillage selon les instructions de fabricant et s'assurer qu'il est équipé d'une cellule de mesure en platine.
 - Prendre un échantillon conservé dans de bonnes conditions (Température ambiante, hygiène)
 - Remplir un bêcher avec une quantité d'eau suffisante pour l'immersion de l'électrode de la conductivité.
 - Mettre l'électrode dans le bêcher, puis appuyer sur la touche READ, la valeur de la conductivité et la température s'affiche sur l'écran de l'appareil.

3.5.3 Matières en suspension (MES)

- **But** : la détermination de la teneur des matières en suspension d'une eau brute ou épurée par la méthode de filtration (une membrane filtrante)
- **Mode opératoire** :
 - Prendre 50 ml des eaux brutes et 200 ml de l'eau épurée.
 - Mettre en marche la pompe à vide.
 - Ajouter l'eau sur le filtre et le laisser s'écouler en le rinçant avec de l'eau distillée.

- Retirer avec précaution le filtre, le placer sur le support de séchage et le sécher dans l'étuve à 105 °C pendant 2h.
- Retirer le filtre de l'étuve, le laisser refroidir dans un dessiccateur.
- Peser le filtre.

3.5.4 demande biologique en oxygène (DBO₅)

- **But** : la mesure de la demande biochimique en oxygène consommé par les bactéries qui oxydent les matières organiques dans un échantillon d'eau.
- **Mode opératoire**
 1. Chauffer ou refroidir l'échantillon de 19 à 21 C.
 2. Homogénéiser l'échantillon en agitant entre les mains.
 3. Choisir la taille de l'échantillon correcte pour la plage d'échantillon (tableau.). le mesurer dans une éprouvette graduée.
 4. Transférer l'échantillon préparé de l'éprouvette dans une bouteille BODTrak.

Tableau 7. Sélection du volume des échantillons.

Pour la sélection de la gamme, on divise la valeur de la DCO (mesurée au préalable) par le facteur de biodégradabilité de l'échantillon pour « estimer » la valeur de la DBO₅.

Plage de la DBO (mg/l)	Volume de l'échantillon (ml)
0 à 35	420
0 à 70	355
0 à 350	160
0 à 700	95

Au-delà de 700 mg/l, procéder par dilution.

5. Mettre un agitateur BODTrak dans la bouteille.
6. Placer la cupule contenant environs 0.4 g d'hydroxyde de lithium dans le goulot de chaque flacon.
7. Appliquer de la graisse pour robinet sur le bord de chaque flacon et sur la lèvre de la cupule (pour assurer l'étanchéité).
8. Placer les flacons sur l'appareil BODTrak.

- Raccorder le tuyau approprié à chaque flacon et serrer soigneusement le bouchon. Chaque tuyau est étiqueté par le n° de voie qui correspond à celui du panneau de commande.
- Placer l'appareil BODTrak dans l'incubateur réglé à 20 °C.
- Mettre en marche l'appareil.
- Vérifier que les barreaux d'agitation sont en mouvement.
- Pour démarrer l'essai, presser le n° de voie du flacon (1 à 6).
- Presser la touche ON pour sélectionner la gamme de mesure.
- Les touches « et » servent à diminuer ou à augmenter la gamme.
- Presser et maintenir la touche ON pour démarrer l'essai.
- Incuber l'échantillon selon la norme à 20 °C pendant 5 jours dans la DBO mètre.
- Lire les résultats de la DBO directement à l'affichage de l'appareil BODTrak en pressant le n° de voie correspondant à chaque échantillon.

3.5.5 Demande chimique en oxygène (DCO)

- **But :** la mesure de la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale.

Cette méthode est effectuée sur deux gammes :

- La haute gamme (LCK 114) : pour des concentrations allant de 105 à 1000 mg O₂/l.
- La basse gamme (LCK 314) : pour des concentrations allant de 15 à 150 mg O₂/l.

- **Mode opératoire**
 - Prendre une cuve de la gamme indiquée LCK 314 et bien l'agiter
 - Pipeter 2 ml de l'échantillon dans la cuve et bien agiter.
 - Chauffer le tube pendant 2h à 148 °C.
 - Secouer énergiquement, laisser refroidir la cuve pendant un petit moment.
 - Nettoyer la cuve puis l'insérer dans l'emplacement approprié du DR2800/DR3800.
 - La valeur de la concentration de DCO s'affichera directement sur l'écran du spectromètre en mg O₂/l.
 - Mesurer par un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 448 nm pour les eaux traitées et à 605 nm pour les eaux brutes.

3.5.6 Dosage des Nitrates (NO_3^-)

- **But :** la détermination de la concentration des nitrates allant de 1- 60mg/l ou 0.23 -13.5 mg/l N- NO_3^- par méthode Kit Hach LCK 339.
- **Mode opératoire**
 - Pipeter 1 ml d'échantillon dans la cuve à code barre.
 - Ajouter 0.2 ml de la solution A (LCK 339).
 - Fermer la cuve et mélanger le contenu en le retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet.
 - Laisser reposer la cuve pendant 15 mn.
 - Insérer la cuve dans le DR2800 après avoir nettoyer son extérieur en appuyant sur le menu code à barre.

3.5.7 Dosage des Nitrites (NO_2^-)

- **But :** la détermination de la concentration des nitrites allant de 0.05-2 mg/l ou de 0.015-0.6 N- NO_2^- par la méthode Kit Hach LCK 341.
- **Mode opératoire**
 - Enlever délicatement la feuille de protection Dosi Cap Zip détachable.
 - Dévisser le Dosi Cap Zip.
 - Pipeter 2 ml de l'échantillon.
 - Visser immédiatement le Dosi Cap Zip en dirigeant le cannelage vers le haut.
 - Secouer énergiquement, attendre 10 min et mélanger de nouveau.
 - Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer en appuyant sur le menu code à barre.
 - Le spectrophotomètre (DR2800) indique des résultats en mg/l.

3.5.8 Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

- **But :** la détermination de la concentration de l'azote ammoniacal allant de 1-12 mg/l, 2-47 mg/l ou 47-130 mg/l N- NH_4^+ par la méthode Kit Hach LCK 302 / LCK 303 / LCK 305.
- **Mode opératoire**
 - Enlever délicatement la feuille de protection Dosi Cap Zip détachable.
 - Dévisser le Dosi Cap Zip.
 - Pipeter 0.2 ml de l'échantillon dans la cuve à code barre pour LCK 302 /LCK 303 et 0.5 ml de l'échantillon pour LCK 305.

- Visser immédiatement le Dosi Cap Zip en dirigeant le cannelage vers le haut et secouer énergiquement.
- Atteindre 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer en appuyant sur le menu code à barre.

3.5.9 Dosage de l'azote total

- **But :** La détermination de la concentration de l'azote total pour deux gammes : 20-100 mg/l (haute gamme) et 5-40 mg/l (basse gamme).
 - **Mode opératoire**
- Pipeter l'échantillon et ajouter la solution A et une pastille B :
 - Pour LCK 338 (les eaux brutes) : pipeter 0.2 ml d'échantillon dans le tube à essai sec puis ajouter 2.3 ml de la solution A et une pastille B.
 - Pour LCK 238 (les eaux épurées) : pipeter 0.5 ml d'échantillon dans le tube à essai sec puis ajouter 2 ml de la solution A et une pastille B.
 - Fermer immédiatement le tube et ne pas mélanger.
 - Chauffer le tube à essai 60 min à 100 °C à l'aide du thermostat HACH LT200.
 - Bien mélanger la cuve à code barre jusqu'à ce que le lyophilisat soit complètement dissous di **Micro cap C**.
 - Attendre 15 min, nettoyer la cuve et procéder à la mesure.
 - Insérer la cuve dans l'emplacement approprié du DR2800 ou DR3800 et sélectionner le menu programme à code barre dans le menu principal.
 - La valeur de la concentration de l'azote total est donnée directement par le spectrophotomètre et mg/l.

3.5.10 Dosage des ortho-phosphates

- **But :** la détermination de la concentration des ortho-phosphates allant de 2-20 mg/l par la méthode kit Hach LCK 350.
 - **Mode opératoire**
- Enlever délicatement la feuille de protection du Dosi Cap Zip.
 - Dévisser le Dosi Cap Zip.
 - Pipeter 0.4 ml de l'échantillon.
 - Pipeter dans la cuve une fois refroidie 0.5 ml de réactif B.
 - Visser un Dosi Cap Zip (LCK 350) gris sur la cuve.

- Mélanger le contenu de la cuve en le retournant plusieurs fois de suite et laisser reposer la cuve pendant 10 min puis mélanger de nouveau.
- Nettoyer bien l'extérieur de la cuve et mesurer en appuyant sur le menu code à barre.
- Le spectrophotomètre (DR2800) indique des résultats en mg/l de $P-PO^{3-}_4$.

3.5.11 Dosage du phosphore total (Pt)

- **But :** la détermination de la concentration du phosphore total en allant de (0.5-5 mg/l) ou (2-20 mg/l)
- **Mode opératoire**
- C'est le même mode opératoire que les ortho-phosphates.

3.6 Matériel utilisé en analyses physicochimique



Figure 7. Matériel des analyses physico chimique (photos réelles, 2021).

CHAPITRE IV

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

4. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Paramètres physico-chimiques

4.1.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est un indicateur de pollution par excellence, il varie suite à la nature des effluents basiques (cuisson, lavage de résine : NaOH, Na₂S) ou acide (bioxyde, lavage de résine : H₂O₄) la gamme de pH biologique se situe entre 6,5 et 8,5 (Maiga et al, 2006).

Les valeurs mensuelles du pH (figure.8) à l'entrée oscillent entre 7,54 à 8,16 avec $7,74 \pm 0,13$ comme valeur moyenne, alors qu'à la sortie elles varient entre 7,63 et 8,27 avec une valeur moyenne de $7,97 \pm 0,17$, elles sont donc relativement neutres, ce qui signifie que les valeurs sont conformes à la Norme OMS(2006) et JORA(2011) qui est de 6,5 à 8,5.

Selon Rodier et al (2005), le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans des phénomènes complexes avec d'autres paramètres comme la dureté, le dioxyde de carbone, l'alcalinité et la température. Un pH alcalin et une température modérée sont des conditions de milieu idéal qui favorisent la prolifération des microorganismes qui établissent un parfait équilibre biologique, permettant la dégradation de la matière organique ce qui conduit à la décontamination de l'eau (Sevrin reyssac et al., 1995).

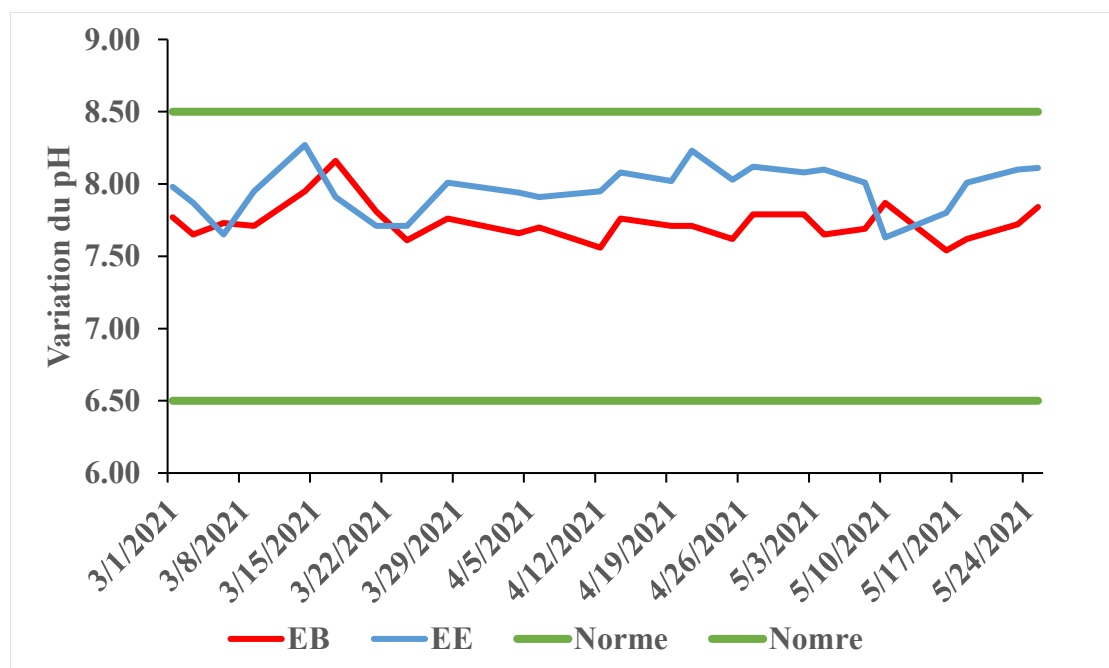


Figure 8. Variation des valeurs de pH

4.1.2 Température

Les variations de la température de la STEP ont des effets importants car elles influencent le développement des colonies de micro-organismes (**Liss et Allen, 1992**).

D'après les résultats obtenus (**figure.9**) durant les trois mois, nous remarquons qu'il y'a une différence de (1,83 °C) entre la température de l'eau brute et celle de l'eau épurée. A l'entrée les valeurs de la température sont comprises entre 15,10 °C et 23,30 °C avec une moyenne de $19,15 \pm 2,53$ °C quant à la sortie les valeurs sont comprises entre 9,80 °C et 22,60 °C avec une moyenne de $17,32 \pm 3,43$ °C. Nous remarquons que les résultats sont inférieurs à la Norme OMS (30°C).

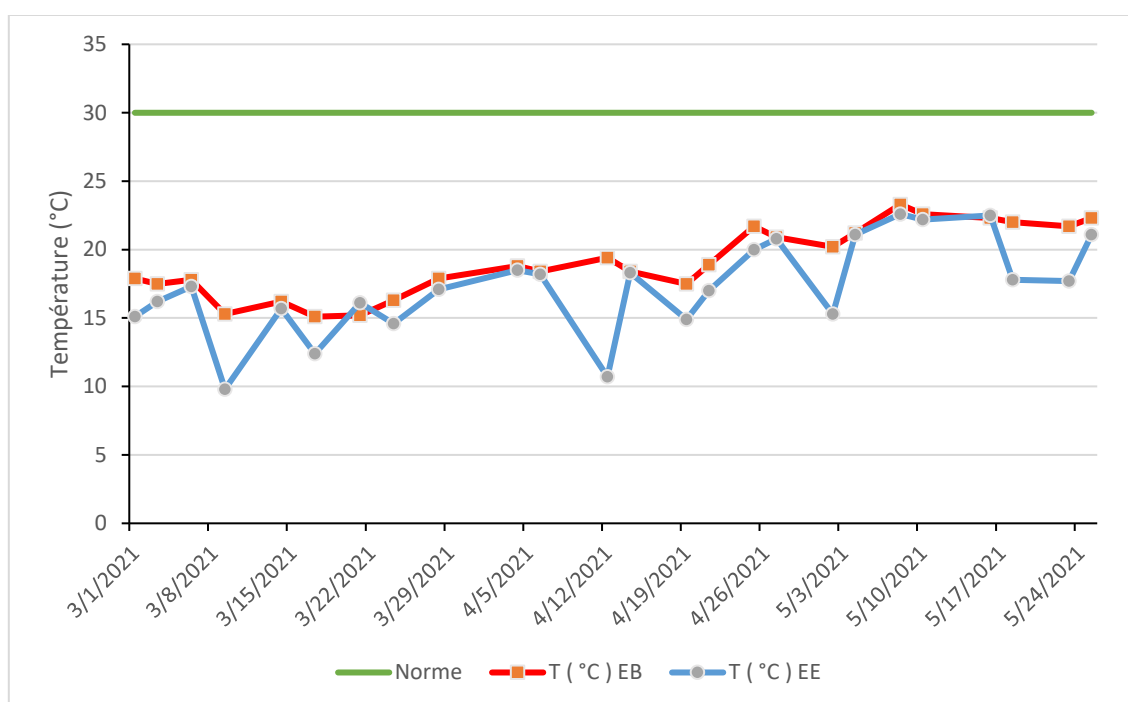


Figure 9. Résultats de mesure de la température (°C).

4.1.3 Conductivité électrique (CE)

Selon les résultats obtenus (**figure.10**) les valeurs de la CE de l'eau brute sont comprises entre 964 et 1933 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de $1656 \pm 221,41$ $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tandis que celles de l'eau épurée sont comprises entre 1012 et 2100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de $1451,64 \pm 219,17$ $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces valeurs sont supérieures à la Norme OMS qui est de 1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La mesure de la conductivité est un moyen assez simple de détection d'une anomalie indiquant la présence probable d'une pollution, par comparaison de la valeur mesurée avec celle que l'on était en droit d'attendre. Elle peut permettre de localiser un apport de pollution.

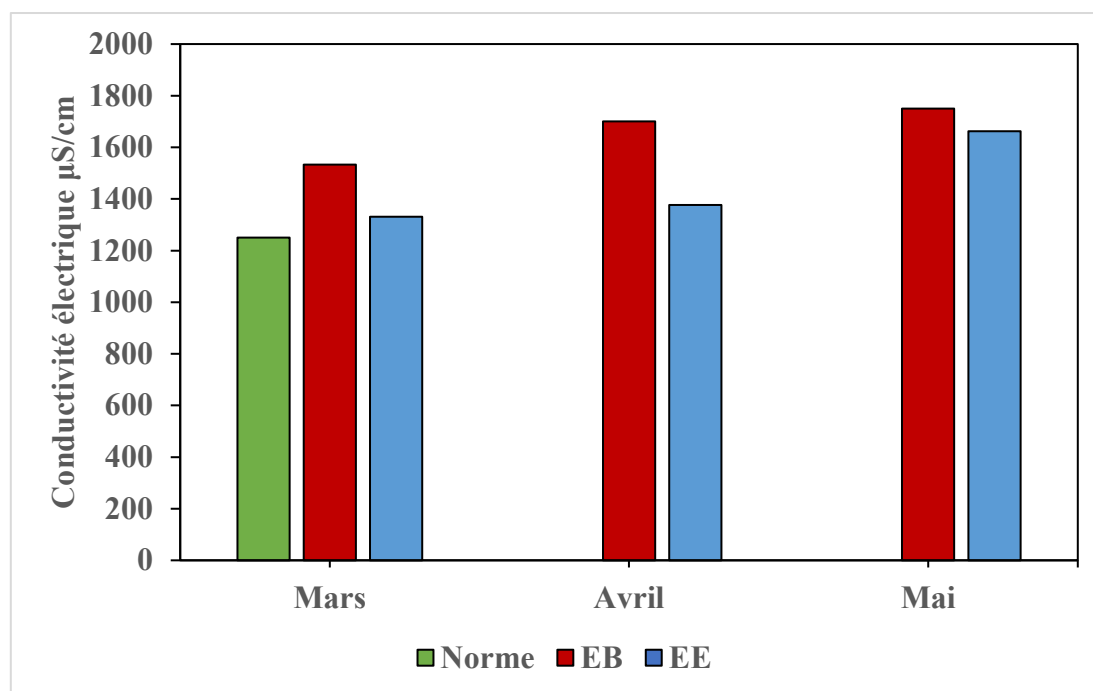


Figure 10. Résultats de mesure de conductivité électrique.

Dans les eaux de surface et les rejets d'eaux usées, des modifications importantes de la conductivité peuvent intervenir rapidement au cours de la journée. On peut admettre que la situation est particulière ou anormale au-delà de 2 000 µS/cm (Rodier et al., 2009).

Il faut retenir, pour le contrôle des rejets industriels, que la conductivité ne reflète qu'une minéralisation globale et ne permet pas d'identifier les éléments chimiques en cause. (Rodier et al., 2009).

4.1.4 Les matières en suspension (MES)

Les résultats obtenus (Figure.11) lors des analyses montrent que la teneur en MES à l'entrée est très élevée, les valeurs sont comprises entre 66 et 348 mg/l avec une moyenne de $206,70 \pm 31,7$ mg/l.

Après épuration les valeurs ont diminué avec une moyenne de $10,72 \pm 5,77$ et sont inférieurs à la Norme OMS qui est de 30mg/l.

Ces faibles valeurs obtenues pour les eaux à la sortie de la STEP, sont dues à la sédimentation des matières décantables (Metahri, 2012). Elles restent, cependant inférieures à la norme de rejet de JORA limitée à 35 mg/l (JORA, 2006).

Les matières en suspension ont diminué suffisamment pendant leur passage dans la STEP, cette diminution s'explique par le fait qu'un bon traitement a été fait

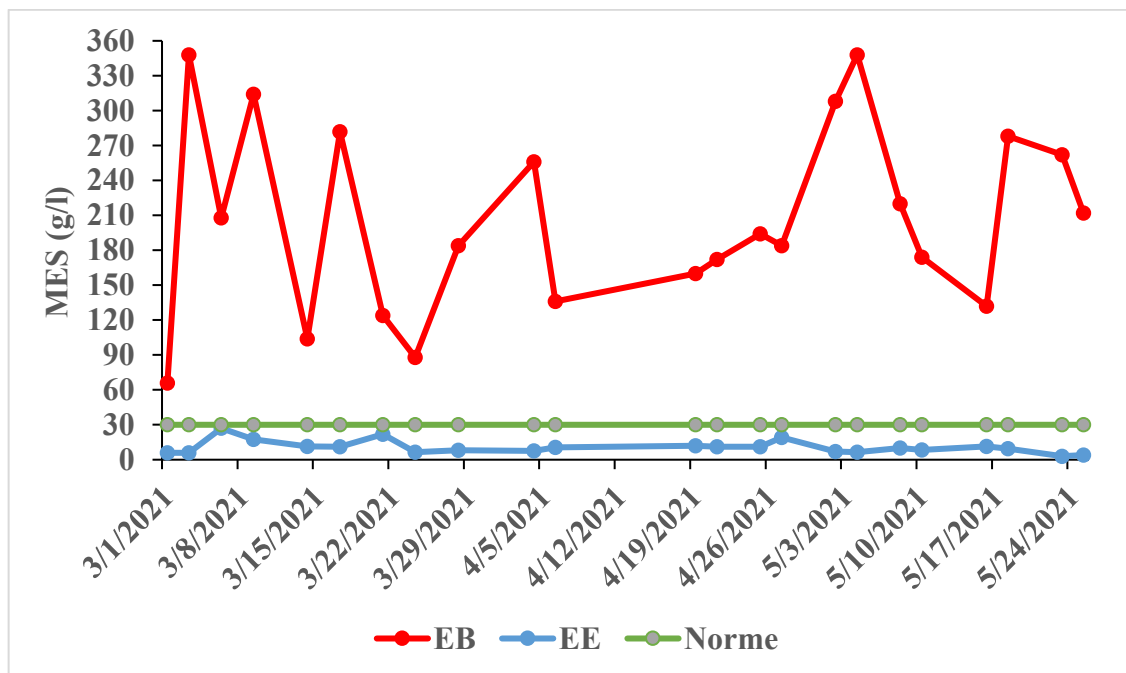


Figure 11. Résultats de mesure des matières en suspension (mg/l).

- Taux d'abattement de MES

Le taux d'élimination de MES après traitement est illustré par la (figure.12), Ce taux est supérieur à celui de REJESK 2002 (> 90%), ce qui signifie une épuration efficace.

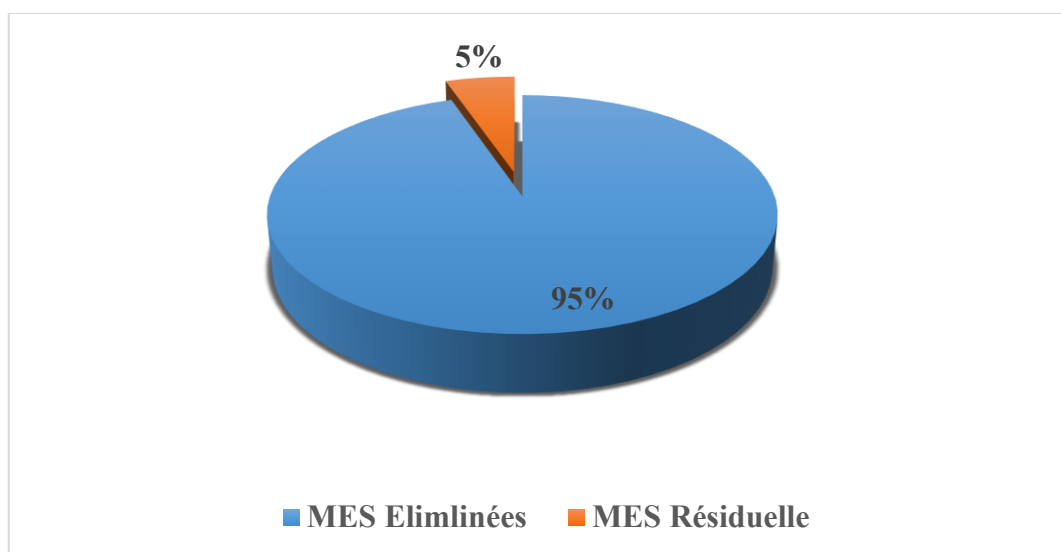


Figure 12. Taux d'abattement de MES

4.2 Paramètres de pollution organique

4.2.1 Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. La teneur en DCO enregistrée à l'entrée de la STEP est comprise entre 141 et 542 mg/L avec une moyenne de $408,90 \pm 102,98$ mg/L. Cette teneur est fortement réduite durant le traitement, elle varie entre 24,40 et 50,90 mg/L avec une moyenne de $34,65 \pm 6,93$ mg/L à la sortie de la STEP (**figure.13**). Cette valeur est largement inférieure à la Norme OMS qui est de 90 mg/L.

La DCO est une mesure globale des matières organique et de certains sels minéraux oxydables (pollution organique totale).

Il est préférable de considérer la DCO comme un indicateur de la teneur en matière organique oxydable et de tenter de limiter autant que faire se peut les interférences liées aux composés minéraux. C'est le cas en particulier lorsque l'on souhaite comparer les valeurs de DCO et de DBO pour déterminer l'aptitude d'une eau à la biodégradation (**Rodier et al. , 2009**).

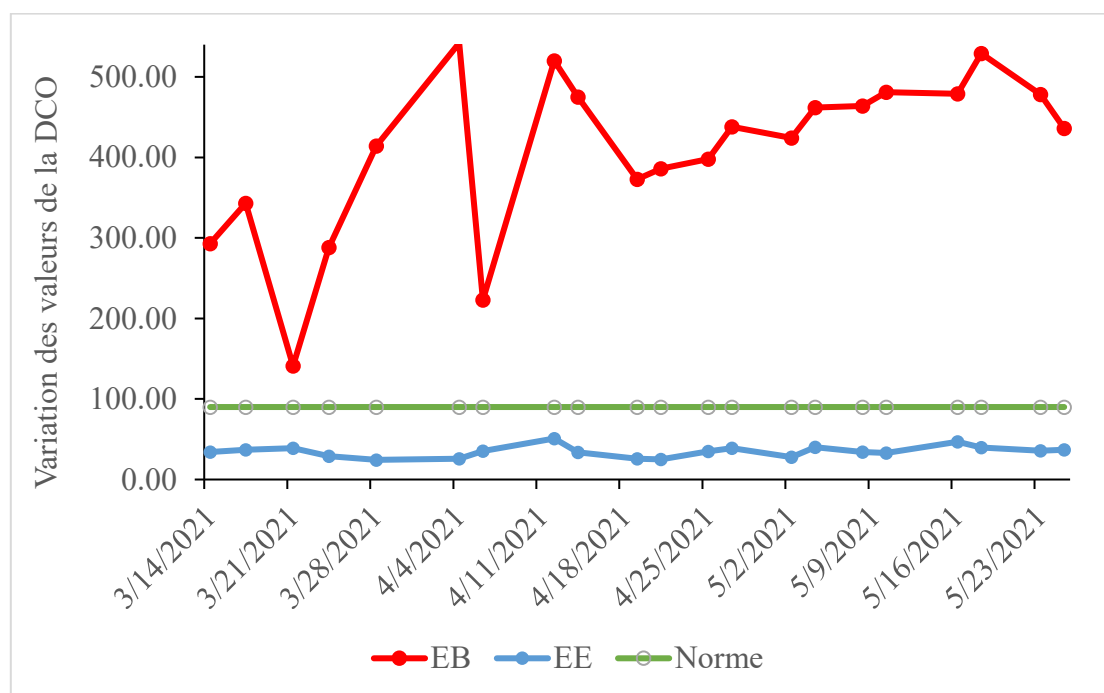


Figure 13. Variation des valeurs de la DCO

- Rendement d'élimination de la DCO

Le rendement épuratoire de la DCO (**figure.14**) est parfait (91%) en comparant à celui trouvé par REJESK (2002) (90%), qui caractérise une épuration efficace cela est dû à une bonne aération dans les bassins biologiques.

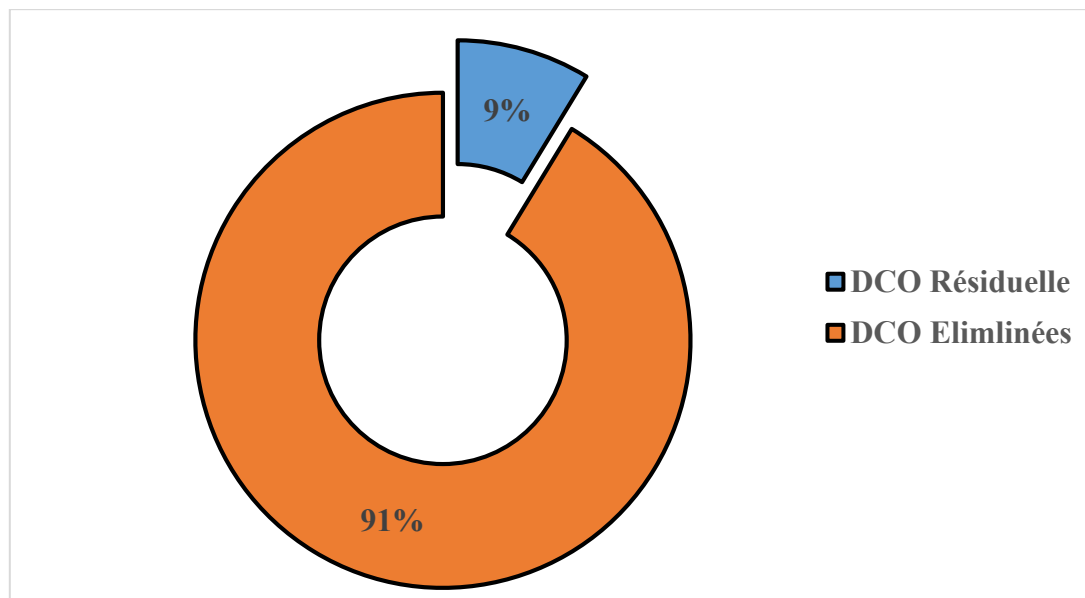


Figure 14. Taux d'abattement de la DCO

4.2.2 Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimique. Les valeurs de la DBO₅ à l'entrée varient entre 64mg/L et 316 mg/L avec une moyenne de $197,92 \pm 71,09$ mg/L. alors qu'à la sortie elles varient entre 3,10 mg/L et 8,9 mg/L avec une moyenne de $5,05 \pm 1,84$ mg/L (**figure.15**) Les valeurs moyennes de la DBO₅ enregistrées sont inférieures à 30 mg/L considérée comme valeur limite de rejet par l'OMS.

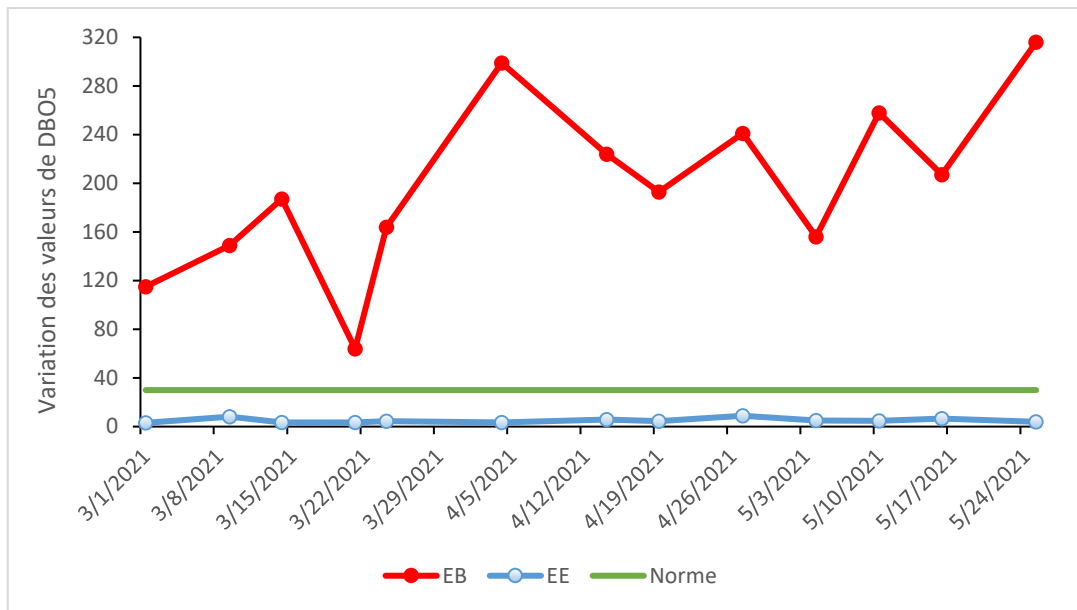


Figure 15. Variation des valeurs de la DBO₅

- Rendement d'abattement de la DBO₅

Le taux d'abattement de la DBO₅ est de l'ordre 97% (figure.16). Ce résultat est supérieur à celui trouvé par REJESK d'où un bon traitement.

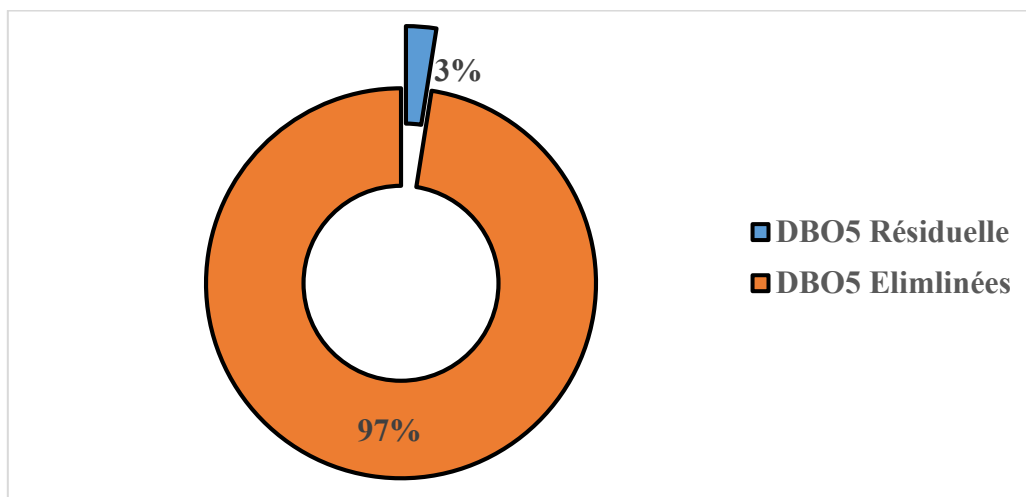


Figure 16. Taux d'abattement de la DBO₅

4.2.3 La biodégradabilité (k)Tableau VIII : Résultats de mesures de DBO₅ et DCO.

	DBO ₅		DCO		DCO/DBO ₅	Observation
	EB	EE	EB	EE		
Mars	135,8	4,52	295,8	32,62	2,18	Facilement biodégradable
Avril	239,25	5,70	419,38	33,80	1,75	
Mai	234,25	5,05	469,13	36,76	2,00	

L'estimation du coefficient de biodégradabilité (K) est très importante pour la recherche de la qualité de l'effluent. Il correspond au rapport entre la demande chimique en oxygène et la demande biologique en oxygène pour déterminer s'il y a des composants qui influencent la dégradation des matières organiques.

$$K = DCO/DBO_5$$

La combinaison des deux paramètres globaux de pollution DCO et DBO₅ permet une bonne approche de la biodégradabilité, la DCO représentant la matière organique dans sa globalité de la DBO₅ la seule fraction biodégradable dans des conditions fixées. Ces deux paramètres globaux de pollution étant, rappelons-le exprimé dans le même système d'unité, à savoir la quantité d'oxygène consommée (mg/L d'oxygène) (**Rodier et al., 2009**).

Le rapport entre DCO et DBO₅ est souvent très différent de celui des eaux résiduaires urbaines (URE).

Il évolue en divers stades du traitement. La valeur de la DCO est toujours plus élevée que celle de la DBO₅ (**Grosclaude, 1999**).

Le rapport de DCO/DBO₅ est l'indice de biodégradabilité d'une eau (**Koller, 2009**). Pour qu'une pollution soit dégradable le rapport doit être inférieur à 2,5 (**Bordet, 2007 ; Rodier et al., 2009**).

Pour les effluents industriels, qui peuvent contenir une fraction notable de composés non biodégradable, on pourra considérer selon le rapport DCO/DBO₅ que l'aptitude à la biodégradation est plus ou moins favorable à un traitement biologique, les règles suivantes étant généralement retenues (**Rodier et al., 2009**) :

- DCO/DBO₅ < 3 effluent facilement biodégradable
- 3 < DCO/DBO₅ < 5 effluent moyennement biodégradable
- DCO/DBO₅ > 5 effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable

4.3 Paramètres de la pollution azotée

4.3.1 Azote total

D'après les résultats qu'on a obtenus sur la (**figure.17**) on remarque que la teneur de l'azote total des eaux usées varie entre 18,80 mg/L à 55,90 mg/L, avec une moyenne de $43,70 \pm 11,36$ mg/L. Tandis que les eaux traitées oscillent entre 6,60 et 24,20 mg/L, avec une moyenne de $12,28 \pm 6,56$ mg/L, donc les résultats de l'eau épurée sont inférieurs à la Norme de rejets de l'OMS.

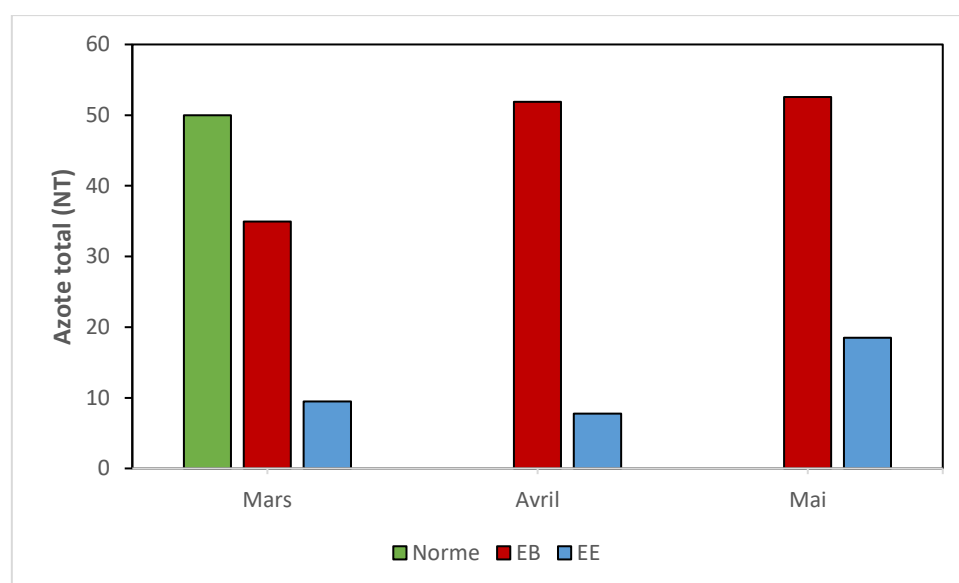


Figure 17. Variation de la concentration moyenne mensuelle de l'azote total dans la STEP

L'élimination de l'azote est le plus souvent obtenue grâce à des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification" ou par échange d'ions. L'azote subit différentes transformations au cours d'un traitement biologique : passage de la forme nitreuse puis nitrique et de retour à la forme gazeuse. Chacun des composés formés au cours de ces différentes étapes à un poids moléculaire différent (**Hamek R, Mokrane F, 2018**).

4.3.2 Ammonium (NH_4^+)

Les concentrations de l'ammonium (**figure.18**) à l'entrée de la station varient entre 8 et 44 mg/L avec une moyenne de $30,77 \pm 11$, alors que celles de la sortie varient entre 0,30 et 22,10

mg/L avec une moyenne de $5,73 \pm 911$ mg/L. ces valeurs sont supérieures à la Norme OMS qui est de 0,5 mg/L.

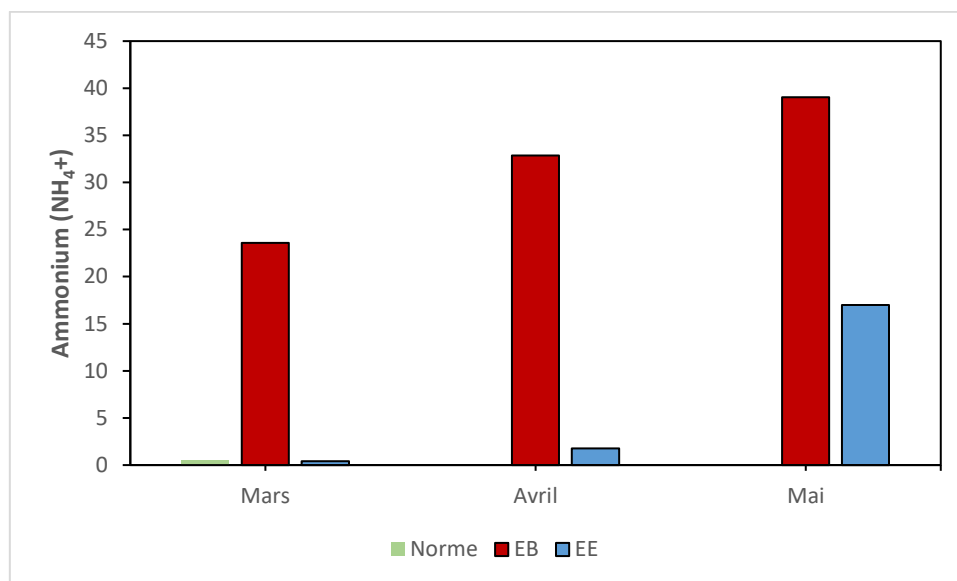


Figure 18. Variation des valeurs de NH_4^+ moyenne mensuelle de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

D'après Nisbet et Vernaux (1970), l'azote ammoniacal rencontré dans les eaux usées, et dont la présence est anormale, traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation. Cela explique l'élévation des teneurs en NH_4^+ de l'eau usée avant le traitement.

Les eaux usées après traitement contiennent habituellement de l'ammoniaque dont la teneur varie suivant le procédé adopté et qui contribue à la consommation de l'oxygène dissous dans l'eau (Rodier et al., 2009).

L'oxydation biologique de l'ammoniaque peut développer des zones anaérobies dans certaines parties des réseaux de distribution et entraîner ainsi des goûts désagréables et provoquer la corrosion des conduites, notamment en cuivre. L'ammoniaque présente aussi l'inconvénient de nécessiter une augmentation de la consommation en chlore lors de la désinfection et de produire des composés organochlorés indésirables (chloramines minérales ou organiques). Pratiquement, par milligramme d'azote d'origine ammoniacale, il faut environ 10 mg de chlore pour former les chloramines et les décomposer en azote gazeux (Rodier et al., 2009).

L'oxydation par le chlore permet d'éliminer l'azote ammoniacal si la dose de chlore appliquée est supérieure au break-point (point de rupture) (Rodier *et al.*, 2009).

C'est donc l'élimination par voie biologique (nitrification) qui est le plus souvent mise en œuvre. Elle consiste à faire percoler l'eau sur un matériau filtrant granulaire (sable, charbon actif, biolite, pouzzolane) sur lequel se développent les bactéries qui oxydent biologiquement l'azote ammoniacal en ions nitrite, puis en nitrates (Rodier *et al.*, 2009).

4.3.3 Nitrites (NO_2^-)

La figure (19) montre que la valeur moyenne de l'eau brute est de $0,27 \pm 0,21$ mg/L, et celle de l'eau épurée est de $0,32 \pm 0,11$ mg/L, ce qui signifie que les valeurs obtenues sur l'eau épurée sont inférieures par rapport à la Norme de rejets OMS qui est de 1 mg/L.

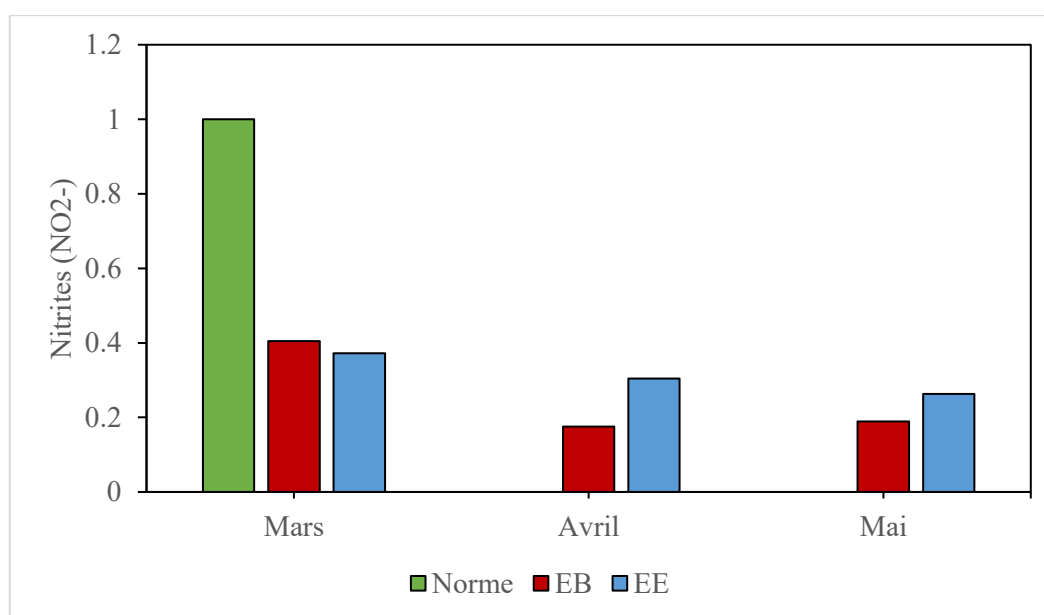


Figure 19. Variation de la concentration moyenne mensuelle des nitrites dans la STEP

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique (Rodier *et al.*, 2009).

4.3.4 Nitrates (NO_3)

la figure ci-dessous (**figure.20**) représente la variation de la concentration moyenne mensuelle des nitrates dans la STEP, on remarque que la teneur en nitrate des eaux usées brutes varie entre 0,49 et 2,88 mg/L avec une moyenne de $1,04 \pm 0,74$ mg/L, tandis que les eaux traitées oscillent entre 0,44 et 7,08 mg/L avec une moyenne de $3,10 \pm 2,44$, alors la concentration des nitrates de celle de l'eau épurée est supérieure à la Norme de rejet de l'OMS qui est de 1 mg/L.

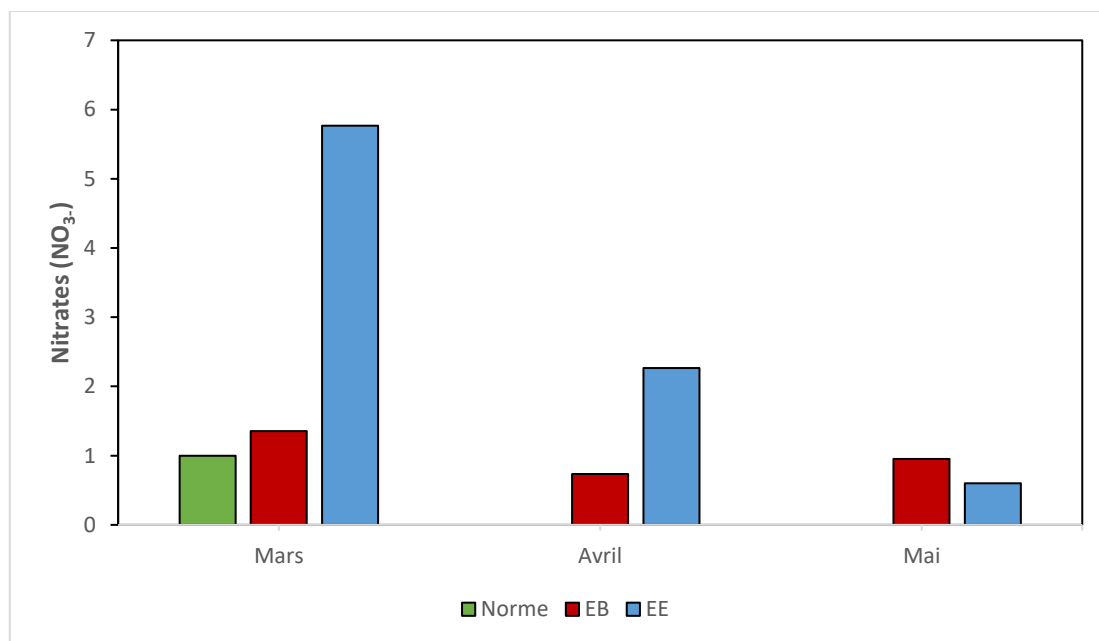


Figure 20. Variation de la concentration moyenne mensuelle des nitrates dans la STEP

L'augmentation de la teneur des nitrates dans les eaux traitées est liée à la nitrification ce qui signifie la transformation des nitrites en nitrates. Cette augmentation est rendue possible par l'absence de dénitrification qui réduit les nitrates en azote gazeux (**BOUBEKKI & BOUDJEMA, 2016**).

4.3.5 Phosphore total

Sur la figure (**21**) est représentée la variation de la concentration moyenne mensuelle du phosphore totale dans la STEP, nous observons une diminution significative du phosphore total de l'eau brute avec une moyenne de $4,92 \pm 1,60$ mg/L à l'eau épurée d'une moyenne de $1,77 \pm 0,82$ mg/L satisfaisante comparée à la Norme OMS qui est de 2 mg/L.

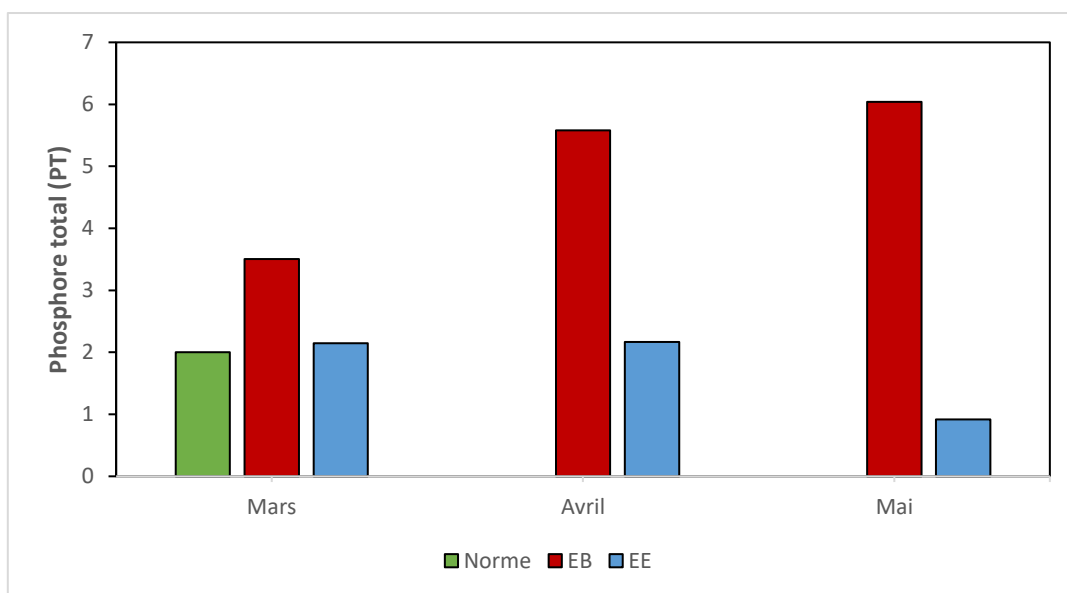


Figure 21. Variation de la concentration moyenne mensuelle du phosphore total dans la STEP

Le phosphore a le plus souvent une origine urbaine (composants des détergents) ou agricole (Lessivage d'engrais). L'élimination du phosphore, ou "déphosphoration", peut être réalisée par des voies physicochimiques ou biologiques (Gouri, 2017).

4.3.6 Les ortho-phosphates

La concentration des ortho-phosphates (**figure.22**) dans l'eau brute présente une valeur moyenne de $3,47 \pm 1,03$ mg/L alors que dans l'eau traitée elle est de $1,43 \pm 0,60$ mg/L dans l'eau traitée. On remarque que la concentration en cet élément à la sortie est faible par rapport aux normes (< 2 mg/L).

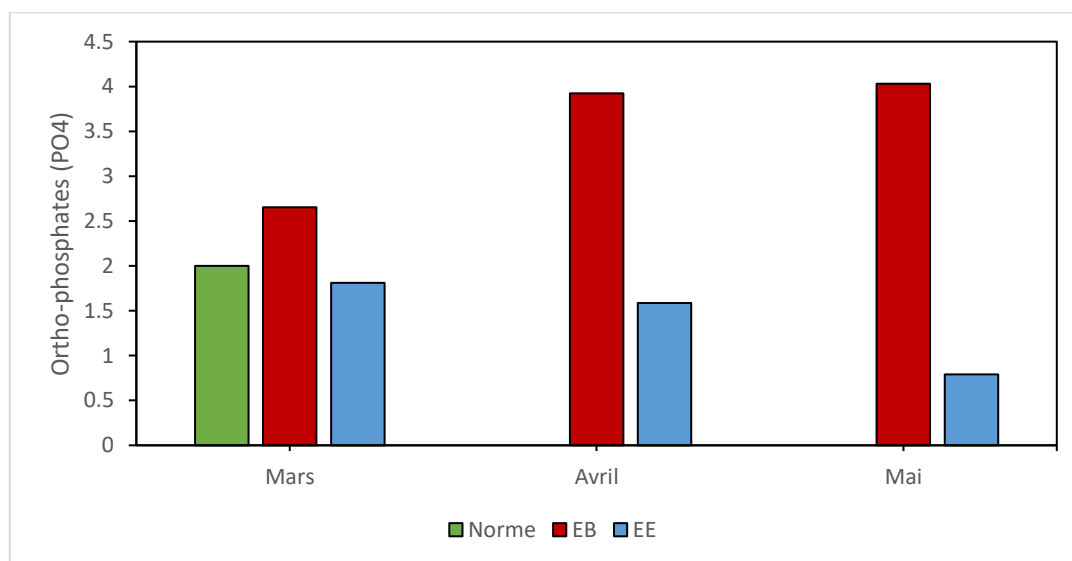


Figure 22. Variation de la concentration moyenne mensuelle des ortho-phosphates dans la STEP

L'urine représente environ 60 % des phosphates contenus dans les eaux usées domestiques. Les boissons gazeuses constituent généralement la première source de phosphates. Certains produits d'usage courant comme les lessives ménagères contiennent des polyphosphates, mais il faut reconnaître que les industriels ont fait de gros efforts pour réduire les teneurs en phosphore. Ce n'est pas le cas des lessives industrielles, qui bénéficient souvent d'une absence de réglementation concernant la teneur en PO_4 .

CONCLUSION

Conclusion

Les eaux usées ont des origines différentes. On distingue en particulier les eaux usées domestiques, des eaux usées industrielles. Celles-ci contiennent différents polluants qu'il faut éliminer avant le rejet de ces eaux en milieu naturel. Ces polluants sont éliminés par le biais de stations d'épuration. Il existe différents types de stations d'épuration qui traitent les eaux usées de différentes manières. Le traitement diffère surtout dans la chaîne biologique. Les eaux usées sont traitées dans le but d'être rejetées en milieu naturel. Elles se doivent de respecter certaines normes de dépollution.

Cette étude qu'on a réalisée permet de confirmer la performance de la station d'épuration de Chenoua, Tipaza en termes d'abattement des différents paramètres physico-chimiques.

Les résultats obtenus au niveau du laboratoire portant sur plusieurs paramètres :

- Paramètres physiques tel que (les MES, la température, le PH, la conductivité)
- Paramètres organiques tel que (DBO₅ et DCO)
- Paramètres chimique tel que (l'ammonium, nitrate, nitrite, l'azote, phosphore).

Selon les résultats obtenus, la station d'épuration de Chenoua est capable de produire une bonne qualité de l'eau traitée avec un bon rendement de 95% pour les MES, 91% pour la DCO et 97% pour la DBO₅ et ce qui est bien tous les résultats sont conformes aux normes nationales et internationales sauf l'ammonium et les nitrates.

Ces résultats permettent de conclure que le traitement utilisé dans la STEP de Chenoua est suffisant pour permettre d'abaisser les concentrations en polluants sous toute leur forme, donc d'atténuer le risque sanitaire à un niveau acceptable. Nous concluons aussi que l'eau traitée de filtration secondaire de la station de Chenoua ne convient pas à la réutilisation pour toute les demandes de la communauté, et pour cette raison il est important de compléter les étapes d'épuration par des traitement avancés de chloration qui éliminent les micro-organismes pour assurer un risque réduit et d'avoir de bon résultats.

Les résultats ainsi obtenus montrent que la STEP de Chenoua donne de bon rendement épuratoire, Ceci nous a permis d'établir les recommandations suivantes dans ce domaine :

Conclusion

- L'épuration des eaux usées domestiques est impérative et nécessaire mais elle doit être appliquée selon des normes strictes et précises. Celles-ci doivent obéir aux directives de l'OMS pour assurer une protection sanitaire et environnementale. Ceci permettrait de fournir des quantités complémentaires en eau pour différents usages particulièrement à l'agriculture.
- Les effluents qui sont destinés à l'irrigation doivent être contrôlés par les services de l'hydraulique et de l'environnement.
- L'application stricte des réglementations liées à la réutilisation des eaux usées en agriculture.
- La sélection des méthodes d'irrigation appropriées selon la qualité des effluents pour réduire les effets indésirables de ce mode d'irrigation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie

Asano T. (1998)., Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1475 p.

ATTAB S,(2013) Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoudberkaoui par l'utilisation d'un filtre a sable local, mémoire de magister, Université kasdiMerbah-Ouargla, Année,2013.

Audic, J-M., (2002). Guide de traitement des eaux usées urbaines, édition Lyonnaise des eaux ,428p.

Bassompierre C., (2007) : Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents.

Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004)., Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.

Baumont S., Camard J.P., Lefranc A. & Francon A., (2002). Réutilisation des eaux usées épurées : risque sanitaire et faisabilité en Ile-de France, Paris : 12-13, 27-29.

Berne, F., Cordonnier, J., (1991). Traitement des eaux, édition Technique, Paris, 295 p.

Boubekki.T, Boudjema. H. (2016). Contrôle du rendement épuratoire de la station d'épuration de Baraki « ALGER »

Cauchi, Hyvrard, Nakache, Schwartzbrod, Zagury, Baron, Carre, Courtois, Denis, Dernat, Larbaigt, Derangere, Martigne, Seguret. (1996)., Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 : 81-118.

Chekroun, (2013) : «Etude et conception d'une station d'épuration des eaux usées domestiques par lits de roseaux pour de petites agglomérations : Cas de Fraouna (Commune de Terny)». Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master en hydraulique, université Abou BakrBelkaid-Tlemcen.

Chellé F., Dellale M., Dewachter M., Mapakou F., Vermey L. (2005)., L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, 15 pages.

DahouAetBrek A, lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (région d'Ouargla), mémoire de master, Département des sciences et technologie, Université d'Ouargla, Année 2013.

Bibliographie

Daloz, A.,(2007). L'épuration des eaux usées par les filtres plantés de macrophytes, école nationale supérieure d'architecteur de Lyon, 26p.

Degrement.,(1989). Mémento technique de l'eau, 8ème édition, tome 1&2, 1459p.

Degrement.,(1995). Mémento technique de l'eau ,10ème édition, tome 1 & 2, 1718p.

Deronzier, G., Choubert, J-M., (2004). Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées : Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique, Cémagref, Lyon, Document Technique FNDAE n° 29, 49 p.

Desjardins, R., (1997). Le traitement des eaux, 2ème édition polytechnique de Montréal, 304p.

Ecosse D. (2001) - Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mém. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens, 62 p.

Edeline, F., (1992). L'épuration physico-chimique des eaux, *édition TEC & DOC*, Paris, 184p.

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

FAO. (2002).,The use of treated waste water (tww) in forest plantations in the near east region Near east forestry commission (fifteenth session), 5 pages.

FAO. (2003)., L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper, 65p.

Gaid, A., (1993). Traitement des eaux usées urbaines, *édition Technique de l'ingénieur, traité environnement*, France, **volume C 5220**, pp1-28.

Gaujous D. (1995)., La pollution des milieux aquatiques ; aide mémoire.Ed. Techniques et documentations. Lavoisier.Paris, 220p.

GOURI Saida . (2017). Caractérisation physicochimique et microbiologique des eaux de l'Oued de Seybouse et leur impact sur la qualité biochimique du persil « *Pétroselinum crispum* » var néapolitanum.

Gregorio, C., Pierre, M-B, Crini, N-M., Torri, G., (2007). Traitement et épuration des eaux industrielles polluées, *édition presses universitaires de Franche-Comté*, 352p

Bibliographie

HAMEK R, MOKRANE F. (2018). Evaluation de la qualité des eaux usées brutes et épurées de la ville de Tizi-Ouzou : Analyse Physicochimique, Bactériologique, Parasitaire et Antibiorésistance

Hannachi A. Gharzouli R., Djellouli Tabet Y (2014) : GESTION ET VALORISATION DES EAUX USEES.

JORA. (2006). Décret Exécutif n°06-141, Définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Algérie : JO N° 26 du 23 Avril 2006, Page 4.

Koller, E., (2004). Traitement des boues issues de l'épuration. IN « Traitement des pollutions industrielles ». Technique et ingénierie, Dunod, Paris, 115p.

Koller, E., (2009). Traitement des pollutions industrielles, Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, 2^{ème} édition, Dunod, 569p.

Landreau, (1982)« 4^e conférence internationale sur la planification et la gestion des eaux », Marseille, p.16, mai 1982.

Lazarova. V (1998) : WASTEWATER REUSE : A SUSTAINABLE WATER RESOURCE IN THE MIDDLE EAST AND AFRICA.

Martin G. (1979), Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris, 279p

Metahri M.S, (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixte. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse doctorat. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou.

Miller K, « US Water Reuse : current status and future trends », Wat. Env. Technology, nov.1990

Molleta, R., (2006). Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires, 2^{ème} édition, Paris, 720p.

OMS, (2004). Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève, p : 1050.

OMS. (1989). l'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture recommandations à visées sanitaires. Rapport d'un groupe d'experts de l'OMS. Série de rapports techniques.778 OMS.

ONA. (2003). (organisme national de l'assainissement).

Bibliographie

ONA. (2019). (organisme national de l'assainissement)

Renaud P et al., « Wastewater reuse » ; « International Report - 21st World Congress », Madrid, Espagne, sept.1997.

Rodier., (2005). « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer » 8eme édition. DUNOD, Paris.

Satin, M., Bourrier, R., Selmi, B., (2010). Guide technique de l'assainissement, 4ème édition, édition le moniteur référence technique, 775p.

Satin, M., Selmi, B., (2006). Guide technique de l'assainissement, 3ème édition le moniteur référence technique, Paris, 726p.

Sevrin-reyssac, J., De la noüe, J., Proulx, d. (1995) .Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier p118.

UNWWD, (2017) Les eaux usées une ressource inexploitée ; Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017.

Vaillant J.R., (1974). Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires. Edition Eyrolles, Paris : 21-24, 236-237.

Vandermeersch S, Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes, en vue de l'obtention du grade académique de diplômé d'Etudes Spécialisées en gestion de l'environnement, Université libre de Bruxelles, Année 2005-2006.

Vilaginès, R., (2000). Eau, environnement et santé publique.**2ème édition**, édition TEC & DOC, Paris, 174p.

Vilaginés, R., (2010). Eau, environnement et santé publique, 3eme édition, édition TEC & DOC Lavoisier, paris, 217p.

Xanthoulis D. (1993),. Valorisation agronomique des eaux usées des industries agro-alimentaires. Tribune de l'eau n° :563/3. Ed. CEBEDOC, p : 27-32.

ANNEXES

1. Résultats des paramètres physico-chimiques

Tableau A1. Résultats de mesure de pH

	Eau brute				Eau épurée				Norme JORA	Norme OMS
	Moy	Ectype	Min	Max	Moy	Ectype	Min	Max	6,5 à 8,5	6,5 à 8,5
Mars	7,79	0,17	7,61	8,16	7,90	0,19	7,65	8,27		
Avril	7,69	0,07	7,56	7,79	8,04	0,11	7,91	8,23		
Mai	7,72	0,11	7,54	7,87	7,98	0,17	7,63	8,11		

Tableau A2. Résultats de mesure de la température (°C).

	Eau brute				Eau épurée				Norme
	Moy	Ectype	Min	Max	Moy	Ectype	Min	Max	30
Mars	16,58	1,21	15,10	17,90	14,92	2,42	9,80	17,30	
Avril	19,25	1,39	17,50	21,70	17,30	3,21	10,70	20,80	
Mai	21,95	0,94	20,20	23,30	20,04	2,74	15,30	22,60	

Tableau A3. Résultats de mesure de conductivité électrique.

	Eau brute				Eau épurée				Norme OMS
	Moy	Ectype	Min	Max	Moy	Ectype	Min	Max	1250
Mars	1532,89	283,36	964,00	1771,00	1331,11	146,51	1012,00	1491,00	
Avril	1700,00	65,51	1613,00	1785,00	1376,63	126,38	1164,00	1513,00	
Mai	1750,50	200,30	1340,00	1933,00	1662,25	219,97	1401,00	2100,00	

Tableau A4. Résultats de mesure des matières en suspension (mg/l).

	Eau brute				Eau épurée				Norme OMS
	Moy	Ectype	Min	Max	Moy	Ectype	Min	Max	30
Mars	190,89	104,10	66,00	348,00	12,83	7,65	6,00	27,00	
Avril	183,67	40,76	136,00	256,00	11,83	3,83	7,50	19,00	
Mai	241,75	71,11	132,00	348,00	7,50	2,95	3,00	11,50	

Tableau A5. Normes physico-chimiques des rejets selon OMS(2006) et JORA (2011)

Paramètre	Unité	Normes (OMS)	Normes (JORA)
PH	Mg/l	$6,5 \leq \text{Ph} \leq 8,5$	$6,5 \leq \text{Ph} \leq 8,5$
température	C°	<30	<30
MES	Mg/l	<30	<30
CE	$\mu\text{S/m}$	<1250	<1250
DBO5	Mg/l	<30	<30
DCO	Mg/l	<90	<90
NT	Mg/l	50	50
NH4+	Mg/l	1	1
NH3-	Mg/l	1	1
NO	Mg/l	1	1
PO	Mg/l	2	2
PT	Mg/l	2	2

2. Exemple de réactif utilisé dans les paramètres physico chimique :



Figure A1. Boitehach LCK 305et LCK 303 (Ammonium NH4+)

