

الجمهورية الجزائرية الشعبية الديمقراطية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة قالمة 8 ماي 1945
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Domaine : Science de la Nature et de la Vie
Filière : Écologie et environnement
Spécialité : Biodiversité et environnement
Département : Écologie et Génie de l'Environnement

Thème:

**Étude et suivi de fonctionnement de la STEP de Guelma :
traitement et réutilisation des eaux usées.**

Présenté par :

Mlle : **HAIACHEM Riane.**

Mme : **YASSAD Khawla.**

Devant le Jury composé de :

Président : Dr. YALLES Amina.	(M.C.A)	Université de Guelma
Encadreur : Dr. BAALOUJ Affef.	(M.C.A)	Université de Guelma
Examineur : Dr. ROUIBI Abdelhakim.	(M.C.A)	Université de Guelma

Année Universitaire : 2021-2022

Remerciements

Avant de présenter ce travail, tout d'abord, nous tenons à remercier notre grand seigneur Dieu tout puissant pour nous avoir donné la foi en Lui, d'avoir éclairé notre route et de nous avoir guidé dans le meilleur et le bon chemin.

*Tout d'abord, nous tenons à remercier Madame **Dr. BAALOUDJ Affef**, notre encadreur, qui nous a encouragé, pour ses conseils avisés et son suivi de près de ce mémoire. Nous tenons à lui exprimer notre profonde gratitude pour sa disponibilité pour répondre à nos interrogations et nos incertitudes malgré un emploi du temps toujours chargé, pour le temps consacré aux corrections du manuscrit, pour ses idées scientifiques enrichissantes, sa gentillesse, sa bonne humeur et son soutien scientifique et moral.*

*Nous tenons aussi à présenter nos humbles remerciements aux membres de jury **Dr. YALLES Amina** et **Dr. ROUIBI Abdelhakim** pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger ce modeste travail.*

Nos chaleureux remerciements vont également aux employés de la STEP de Guelma pour leur soutien et leur aide durant toute la période de l'élaboration de ce travail.

*À la fin nous remercions tous nos collègues d'étude particulièrement notre promotion « **Biodiversité et Environnement 2021 / 2022** ».*

Que tous ceux qui nous ont aidés d'une manière ou d'une autre, de près ou de loin dans la réalisation de ce modeste travail trouvent ici l'expression de notre sincère gratitude.

« Celui Qui Sème Récolte ».

Khawla et Rayane.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mon très cher père :

De tous les pères, tu as été le meilleur, l'homme de ma vie, La lumière de mes jours, mon soutien moral et ma source de bonheur.

Merci d'avoir été toujours là pour moi, un grand soutien tout au long de mes études.

À ma très chère mère :

Mon cœur et ma vie, ma sœur et mon bonheur, la lumière qui allume mon chemin, la source de mes efforts et motivation maman tu restes et demeure éternellement l'être qui m'est le plus cher au monde. Pour tous les sacrifices que tu as faits pour moi.

À mon cher grand-père et ma chère grand-mère :

Mes anges adorables, les mots me manquent pour dire tous le bien que je connais de vous, vous représentez la principale raison qui justifie mon combat pour la réussite. Vous êtes m'a toujours poussé et motivé dans mes études et ma vie. Que Dieu vous protège et vous accorde santé.

À mes chers frères « Amin, Abdenour, Abderrahmane et Abdelhay » :

Il n'y a pas de mots pour vous décrire, Je trouve en vous le conseil du frère et le soutien de l'ami. Je vous Souhaite beaucoup de succès, de prospérité et une vie pleine de joie et de bonheur. Que Dieu vous protège.



*À mon chère oncle « **Hichem** » :*

Qui a toujours été là pour nous, mon exemple éternel, que dieu le donne une longue et joyeuse vie.

*À mon binôme « **khawla** », ma belle-sœur pour les moments et les souvenirs qu'on a passé depuis notre première année universitaire.*

*À tous mes enseignants depuis mes premières années d'étude surtout madame «**Ben Slimane Nouara** ».*

*À tous les étudiants de ma promotion « **Biodiversité et environnement 2022** ».*

Et enfin à tous les gens qui ont participé de près ou de loin pour la réussite de ce modeste travail.

MERCI

HAI AHM RAYEN.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mon très cher père :

L'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral, ma source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, vous êtes et vous resterez ma référence et la lumière qui illumine mon chemin.

À ma très chère mère :

La lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, la personne qui m'a tout donné sans compter. Aucune dédicace ne pourrait exprimer la profondeur des sentiments que j'éprouve pour vous. Je t'adore ma reine maman.... <3

Mes chers parents, Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont vous ne cessez de me combler. Que dieu vous procure bonne santé et longue vie.

À mon cher mari DOCTEUR « AZZOUZ. S » :

Pour l'amour et l'affection qui nous unissent. Je ne saurais exprimer ma profonde reconnaissance pour le soutien continu dont tu as toujours fait preuve. Tu m'as toujours encouragé, incité à faire de mon mieux, ton soutien m'a permis de réaliser le rêve tant attendu. Je te dédie ce modeste travail avec mes vœux de réussite, de prospérité et de bonheur.

Je prie Dieu le tout puissant de préserver notre attachement mutuel, et d'exaucer tous nos rêves.

À mon cher bébé :

La prunelle de mes yeux que je l'attends avec impatience, le plus beau cadeau qu'une maman puisse l'avoir, tu seras sans aucun doute fier de tes parents.



*À mes chers frères « **Sohaib et Mossaab** » :*

*Ces quelques lignes, ne sauraient traduire le profond amour que
je vous porte.*

*Votre bonté, Votre précieux soutien, votre encouragement tout au long de mes
années d'étude, votre amour et affection, ont été pour moi l'exemple de
persévérance. Je trouve en vous le conseil du frère et le soutien de l'ami.
Que Dieu vous protège et vous accorde santé, succès et plein de bonheur dans
votre vie.*

À mes grands parents que dieu les protège et leur procure une longue vie.

*À ma nièce « **Israa Sirine** » et mon neveu « **Adem** » mes anges adorables ...<3*

*À mon binôme « **Rayen** », ma petite princesse pour les bons moments qu'on a
vécu ensemble depuis notre première année universitaire.*

À tous mes enseignants depuis mes premières années d'étude.

*À mes meilleures amies « **DOCTEUR Nora** » et « **Zineb** », je vous aime.*

*À tous les étudiants de ma promotion « **Biodiversité et environnement 2022** ».*

*Et enfin à tous les gens qui ont participé de près ou de loin pour la réussite de
ce modeste travail.*

Que ceux que j'ai oubliés me pardonnent.

MERCI

YASSAD Khawla.

Table des Matières

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale.....	1

Chapitre 01 : « Synthèse bibliographique »

I. GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX USEES.....	3
1. Définition des eaux usées	3
2. Origine des eaux usées	3
3. Système de collecte des eaux usées.....	5
4. Impacts du rejet d’eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquate.....	6
5. Caractéristiques des eaux usées.....	7
II. LA POLLUTION DES EAUX.....	10
1. Définition	10
2. Les types de pollution des eaux.....	11
3. Impact de la pollution de l’eau sur l’homme et l’environnement.....	11
III. L’ÉPURATION DES EAUX USEES.....	12
1. Définition	12
2. Le rôle principal de station d’épuration des eaux usées	13
3. Les différents procédés d’épuration des eaux usées	13
4. La réutilisation des eaux usées épurées (REUE) en Algérie	15
5. Domaine de la réutilisation des eaux usées épurées (REUE).....	16
6. Intérêt, avantages et bénéfices de la réutilisation des eaux usées.....	20
7. Défis et contraintes de la réutilisation des eaux épurées.	21
IV. Normes de rejet dans un milieu récepteur	22
1. Milieu récepteur	22
2. Normes internationales.....	22
3. Normes nationales : Journal Officiel Algérien (JORA 2012).	24

Chapitre 02 : «Présentation du site d’étude»

I. Description de la station d’épuration des eaux usées de la ville de Guelma	25
1. Localisation	25
2. Réseau de raccordement.....	25
3. Points de rejets (destination)	26
4. Objectif du Traitement / Objectif de la STEP	27
5. Conditions d’implantation d’une station d’épuration.....	27
6. Risques liés à la station d’épuration	28

II. Les procédés d'épuration utilisés au niveau de la station.....	28
1. Le prétraitement	29
2. Traitement primaire.....	30
3. Traitement secondaire	31
4. Décantation secondaire.....	33
5. Désinfection.....	34
6. Traitement des boues.....	35

Chapitre 03 : « Matériel et méthodes »

I. Méthodes et points de prélèvement	36
1. Méthode de prélèvement	36
2. Points de prélèvement	36
3. Analyses et modes opératoires.....	37

Chapitre 04 : « Résultats et discussion »

I. Les paramètres physico-chimiques :	46
1. La conductivité électrique CE (mS/cm) :	46
2. La température(T°) :	47
3. Le potentiel d'hydrogène (pH) :	48
4. La demande chimique en oxygène (DCO) :	49
5. Les Matières En Suspension (MES) :	50
II. Les paramètres de pollution :	52
1. L'ammonium (NH ₄ ⁺) :	52
2. L'Orthophosphate (OPO ₄) :	53
3. Les nitrites (NO ₂ ⁻) :	54
4. Les Nitrates (NO ₃) :	55
Conclusion générale	56
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Références bibliographiques	
Références webographiques	

Liste des abréviations

% : Pour cent.

° : Degré.

° C : Degré Celsius.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

CE : Conductivité Électrique.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

COT : Carbone Organique Total.

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

ERU : Eaux Résiduaires Urbaines.

EH : Équivalent Habitant.

FAO: Food and Agriculture Organization. (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture).

Fig : Figure.

H₂O : Eau.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

M : Mètre.

M³ : Mètre cube.

M³/h : Mètre cube par heure.

M³/j : Mètre cube par jour.

M³/an : Mètre cube par an.

MES : Matière En Suspension.

Mg/l : Milligramme par litre.

MMS : Matière Minérale en Suspension.

MO : Matière Organique.

Ms / cm : Millisiemens par centimètre.

MVS : Matière Volatile en Suspension.

NH₄⁺ : L'azote ammoniacal.

NO₃ : Nitrates.

NO₂ : Nitrites.

Nm : Nanomètre.

O₂ : Oxygène.

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

ONA : Office Nationale de l'Assainissement.

OPO₄ : Orthophosphate.

pH : Potentiel Hydrogène.

REUE : Réutilisation des Eaux Usées Épurées.

SAR : Rapport d'Adsorption du Sodium. (Sodium Adsorption Ratio).

STEP: Station d'Épuration.

T °C : Température.

Tab : Tableau

µs / cm : Micro-Siemens par centimètre.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Classification des eaux d'après leur pH.	8
02	Origine des polluants et leurs traitements.	10
03	Classement par type de pollution.	11
04	Tableau des valeurs-guides des caractéristiques principales de l'eau d'irrigation.	17
05	Tableau des valeurs-guides d'éléments traces dans l'eau d'irrigation.	18
06	Normes de rejets internationales OMS.	22
07	Normes de la FAO pour l'irrigation avec des eaux usées traitées.	23
08	Les valeurs limite des paramètres de rejet dans un milieu récepteur.	23
09	Les valeurs de (CE) à l'entrée et à la sortie de la station.	46
10	Relation existante entre la minéralisation et la conductivité.	47
11	Les valeurs de la température (Tc°) à l'entrée et à la sortie de la station.	47
12	Les valeurs de pH à l'entrée et à la sortie de la station.	48
13	Les valeurs de (DCO) à l'entrée et à la sortie de la station.	49
14	Les valeurs des (MES) à l'entrée et à la sortie de la station.	50
15	Les valeurs de (NH ₄ ⁺) à l'entrée et à la sortie de la station.	52
16	Les valeurs de (OPO ₄) à l'entrée et à la sortie de la station.	53
17	Les valeurs de (NO ₂ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la station.	54
18	Les valeurs de nitrates (NO ₃ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la station.	55

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Composants des eaux usées et leurs effets.	6
02	Bassins de lagunage de petite taille.	13
03	Coupe des bassins du lagunage.	14
04	L'épuration par le lit bactérien.	15
05	Réutilisation des eaux usées dans le monde.	19
06	Situation géographique de la STEP de Guelma.	25
07	Schéma de la station d'épuration de la ville de Guelma.	26
08	Schéma explicatif d'une station d'épuration à boues activées.	28
09	Entrée de la STEP de Guelma (Dégrillage).	29
10	Décanteur primaire.	31
11	Bassin d'aération.	32
12	Bassin de décantation secondaire : Clarificateur.	34
13	Sortie de la STEP (bassin de désinfection).	34
14	Lits de séchage.	35
15	Points de prélèvement d'eau.	36
16	Les échantillons prélevés.	36
17	Conductimètre (con 510).	37
18	pH mètre.	38
19	Réacteur DCO.	39
20	Cuves d'analyse (Entrée, Sortie).	39
21	Spectrophotomètre.	39
22	Balance électrique : APX-200.	41
23	Dessiccateur.	41
24	Ensemble de filtration.	41
25	Étuve	41
26	Dosage de NH ₄ .	42
27	Cuves d'analyse (Entrée, Sortie).	42
28	Réactif B, Dosicap C.	42
29	Cuves d'analyse contient 1% d'acide sulfurique.	42
30	Cuve d'analyse contient acide citrique.	43
31	Cuve d'analyse contient 60% d'acide sulfurique et 33% d'acide phosphorique.	44
32	Réactif A contient 2-Propanol.	44
33	Les variations des valeurs de la conductivité (CE) à l'entrée et à la sortie de la station.	46
34	Les variations des valeurs de la Température (Tc°) à l'entrée et à la sortie de la station.	48
35	Les variations des moyennes de pH à l'entrée et à la sortie de la station.	49
36	Les variations de la (DCO) à l'entrée et à la sortie de la station.	50

37	Les variations des valeurs des (MES) à l'entrée et à la sortie de la station.	51
38	Les variations des moyennes de NH_4^+ à l'entrée et à la sortie de la station.	52
39	Les variations de (OPO_4) à l'entrée et à la sortie de la station.	53
40	Les variations des valeurs de nitrites (NO_2^-) à l'entrée et à la sortie de la station.	54
41	Les variations des valeurs de nitrates (NO_3^-) à l'entrée et à la sortie de la station.	55

Introduction générale



Introduction

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine, et constitue le patrimoine d'une nation. Il s'agit d'un facteur de production déterminant dans le développement durable. Pour ces raisons l'homme a appris à maîtriser l'eau, toutefois il la rend impropre et polluée ce qui constitue une véritable menace pour la vie. En effet sa santé est altérée si l'eau dont il dispose est de mauvaise qualité ou bien si elle est polluée par des agents pathogènes. De ce fait on s'inquiète de sa qualité et de ses caractéristiques physico-chimiques.

En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement comparée à la couverture des services d'approvisionnement en eau et encore moins d'importance est accordée à l'épuration. En effet, seules 20 % des eaux usées collectées en Algérie sont traitées, contre une couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %. D'après un rapport publié par l'Office national d'Assainissement (**ONA**) en **2015**, l'Algérie compte 120 stations d'épuration qui produisent un volume de 14,6 millions de mètres cubes par mois d'eaux usées épurée. Toutefois ce volume reste très réduit par rapport aux grandes quantités d'eaux usées produites et qui sont toujours déversées dans les différents milieux naturels.

Ces rejets sont augmentés et multipliés avec l'accroissement démographique et l'expansion des villes qui génère des différentes catégories de déchets. Les eaux usées peuvent contenir de nombreuses substances polluantes, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes, menacent la qualité de l'environnement dans sa totalité. C'est pour ça, leurs traitements avant réutilisation est une pratique nécessaire pour la conservation des ressources en eaux et en sols. (**Bouhanna, 2014**). L'utilisation de l'eau usée traitée, au-delà de leur effet positif, peut également avoir des impacts défavorables sur la santé publique et l'environnement, en fonction principalement des caractéristiques de l'eau épurée, du degré d'épuration, de la méthode et de l'endroit d'utilisation.

La présente étude a pour but d'évaluer les traitements effectués au niveau de la station d'épuration (STEP) de la ville de Guelma et de faire un suivi régulier de l'efficacité du fonctionnement du processus d'épuration des eaux usées dans la station à travers l'étude de l'évolution des différents paramètres de la qualité physico-chimique des eaux avant et après épuration.

Pour cela nous avons mené notre travail comme suit :

- Un premier chapitre englobe une synthèse bibliographique en relation directe avec notre sujet d'étude.
- Un second présentant la station d'épuration et ses différents procédés.
- Un troisième montrant les différents matériels et méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail.
- Un quatrième chapitre consacré à la discussion des résultats obtenus.
- Et enfin, nous terminons notre étude par une conclusion générale où sont récapitulés les principaux résultats obtenus.

Chapitre 01 :
« Synthèse
bibliographique »



I. GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX USEES

1. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des eaux chargées de substances minérales ou biologiques, issues de l'activité humaine provoquant, sous une concentration anormale, une dégradation de la qualité de l'eau naturelle du milieu récepteur **(Ghettas, 2009)**.

Une eau est considérée comme « eau usée » lorsque son état, sa composition sont modifiés par les actions anthropiques dans une mesure telle qu'elle se prête moins facilement à toutes ou certaines des utilisations auxquelles elle peut servir à l'état naturel. **(Benelmouaz, 2015)**.

Ces eaux usées sont collectées dans un réseau d'égout ; apparaissent comme un liquide trouble généralement grisâtre ; contenant des matières grasses et des autres en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables **(Rodier, 2009)**.

2. Origine des eaux usées

Les eaux résiduaires urbaines (ERU) sont constituées par :

2.1. Eaux usées domestiques

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères).

Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement par des eaux de vanne d'évacuation de toilette. Et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains.

Elles proviennent essentiellement :

Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses;

Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents;

Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées;

□ Des eaux de vanes qui proviennent des sanitaires (w.c), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et micro-organisme (**Rejsek, 2002**).

2.2. Origine pluviale

Elles correspondent aux eaux ruisselantes sur les routes et les toitures. Elles peuvent constituer la cause de pollution importante de cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. Ces eaux sont polluées soit au contact de l'air (fumées industrielles), soit en récupérant les résidus de toiture et de chaussées (huile vidange, carburant, morceau de pneu,). Elles sont de même nature que les eaux usées domestique, avec en plus des métaux lourds et des toxiques (plomb, zinc, hydrocarbures) provenant essentiellement de la circulation automobile. Lors de précipitations importantes, les eaux pluviales peuvent arriver en grande quantité au niveau de la station d'épuration. Des dispositions permettent d'en limiter l'impact sur la station : bassin d'orage, bassins d'étalement, chaussées filtrantes... etc. (**Djemame & Moumene, 2011**).

2.3. Les eaux usées industrielles

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

□ Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés...);

□ Pollution due aux matières en solutions minérales (usine de décapage, galvanisation...);

□ Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...);

□ Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques...);

□ Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires...).

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent

présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés. **(Rodier, 2005).**

2.4. Les eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues. **(Metahri, 2012).**

3. Système de collecte des eaux usées

Les systèmes de collecte utilisés en assainissement sont deux types unitaires et séparatifs :

3.1. Système unitaire

Ce réseau collecte l'ensemble des eaux noires, claires et grises d'une ville ou d'une région. Les avantages de ce système sont la conception simple dont il est constitué d'un seul collecteur avec un seul branchement ainsi que pas de risque d'inversion de ce dernier. Les inconvénients sont lors d'un orage, les eaux usées sont diluées par les eaux pluviales avec l'apport de sable important à la station d'épuration **(Bouhanna, 2014).**

3.2. Système séparatif

Ce système consiste à spécialiser chaque réseau selon la nature des effluents. Le réseau d'évacuation des eaux domestiques et parfois industrielles (selon le plus caractéristique) est séparé du réseau d'évacuation des eaux de pluie qui sont rejetées le plus souvent, directement dans le milieu récepteur (mer, fleuve ou lac). Ce système a l'avantage de permettre l'assurance d'un régime permanent dans les Station d'épuration (STEP). En effet, les quantités énormes d'eaux déversées lors des violents orages sont déviées et ne vont plus perturber le bon fonctionnement des stations d'épuration qui sont dimensionnées pour le traitement de quantités d'eaux précises. De même, il offre la possibilité de réalimenter les nappes souterraines **(Bouhanna, 2014).**

4. Impacts du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquate

Le rejet d'eaux usées non traitées ou partiellement traitées dans l'environnement entraîne la pollution des eaux de surface, du sol et des eaux souterraines. Une fois rejetées dans les plans d'eau, les eaux usées sont diluées et transportées en aval ou s'infiltrent dans les aquifères, où elles peuvent affecter la qualité (et donc la disponibilité) des approvisionnements en eau douce. L'océan est souvent la destination finale des eaux usées rejetées dans les fleuves et les lacs. (Fig.01)

Les conséquences du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquate peuvent être classées en trois catégories : les effets indésirables sur la santé associés à une réduction de la qualité de l'eau ; les effets environnementaux négatifs en raison de la dégradation des ressources en eau et des écosystèmes ; et les effets potentiels sur les activités économiques. (WWDR, 2017).

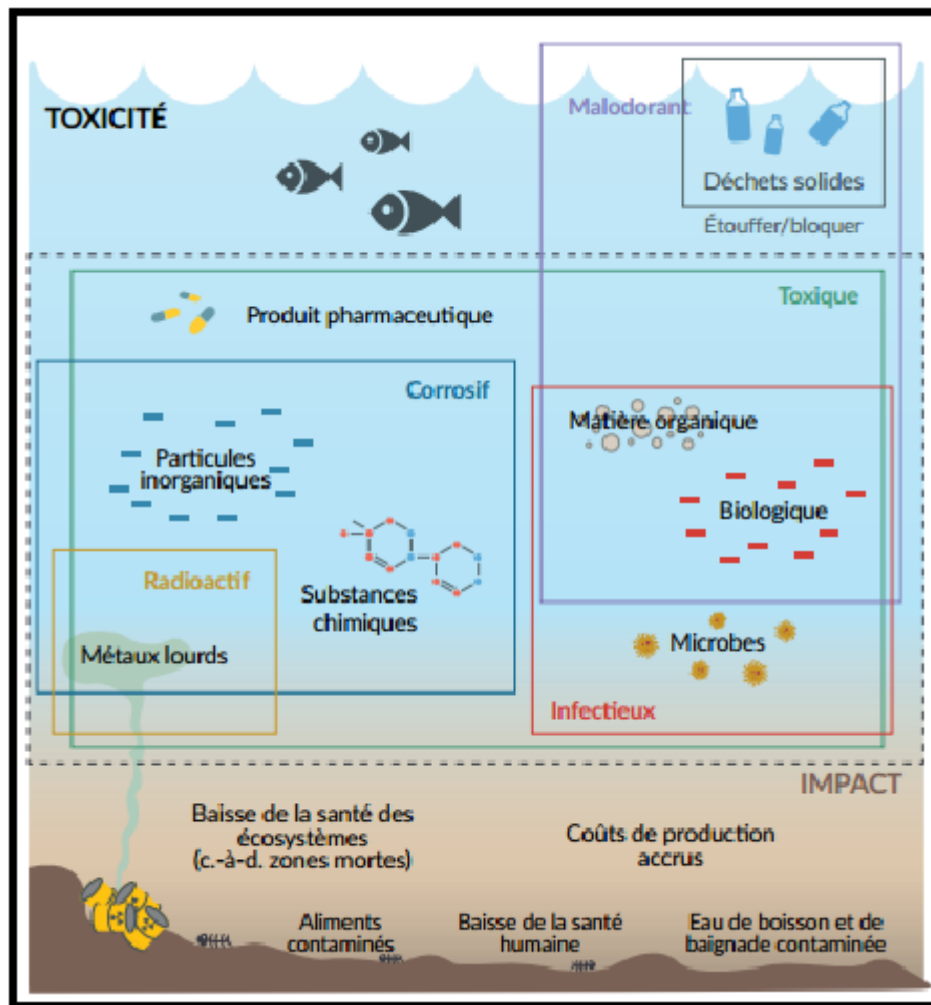


Figure 01 : Composants des eaux usées et leurs effets. (WWDR, 2017).

5. Caractéristiques des eaux usées

5.1. Paramètres physico-chimiques

✓ La température

La connaissance de la température est essentielle pour les réactions physico-chimiques et biologiques régies par leurs caractéristiques thermodynamiques et cinétiques. A titre d'exemple, la concentration à saturation de l'oxygène dissous, plus l'eau est chaude plus sa concentration limite diminue, le pH et la conductivité est dépendante de la température de même que les processus de biodégradation carbonée (Thomas, 1995 in Ghetas, 2009). Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. (Rodier et al., 2005).

✓ L'odeur

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation elle dégage une odeur nauséabonde (Ladjel, 2006).

✓ La couleur

La coloration d'une eau peut être soit d'origine, naturelle, soit associés à sa pollution (composé organiques colorés). La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul domaine du visible (Thomas, 1995 in Ghetas, 2009).

✓ L'équivalent-habitant (EH)

Reflète la pollution quotidienne engendrée par un individu et détermine le dimensionnement des stations d'épuration en fonction de la charge polluante.

Il permet de comparer les flux de matières polluantes de la pollution domestique et des autres pollutions (les charges rejetées par l'industrie sont converties en équivalent-habitant) et d'estimer la pollution brute produite par une commune. (IFEN, 2004).

✓ Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9.

L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution biodisponible et donc leur toxicité (Tab.1). Le pH joue un rôle important dans l'épuration

d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9. (Metahri, 2012)

Tableau 01 : Classification des eaux d'après leur pH. (Attab, 2013).

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

✓ **La 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).

✓ **Les matières en suspension (MES)**

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. Les MES s'expriment par la relation suivante :

$$MES = 30\% MMS + 70\% MVS$$

➤ **Les matières volatiles en suspension (MVS)**

Elles représentent la fraction organique de MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau.

➤ **Les matières minérales (MMS)**

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc. (Metahri, 2012).

✓ **Débit**

Le principal intérêt de la mesure du débit est le fait qu'il permet de quantifier la pollution rejetée par l'intermédiaire de < l'équivalent habitant > qui exprime le volume

d'eau usée moyen déversé par habitant et par jour. (Cardot, 1999 in Allali & Seddi, 2019).

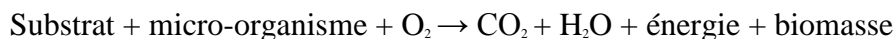
✓ **La conductivité électrique (CE)**

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 micro-organismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire. (Metahri, 2012).

5.2. Paramètres chimiques

✓ **La demande biochimique en oxygène (DBO5)**

La DBO5 comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO5. (Metahri, 2012). Elle se résume à la réaction chimique suivante :



✓ **La demande chimique en oxygène (DCO)**

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O_2/l . La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine (Suschka & Ferreira, 1986 in Metahri, 2012). Généralement la valeur de la DCO est :

DCO = 1.5 à 2 fois DBO Pour les eaux usées urbaines ;

DCO = 1 à 10 fois DBO Pour tout l'ensemble des eaux résiduaires ;

DCO > 2.5 fois DBO Pour les eaux usées industrielles.

La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la DBO₅ et la DCO est donnée par l'équation suivante :

$$\text{MO} = (2 \text{ DBO}_5 + \text{DCO})/3$$

✓ **Carbone organique totale (COT)**

Il représente la teneur en carbone lié à la matière organique, et repose sur une mesure de CO₂ après oxydation complète. Cette mesure, rapide et ne nécessitant qu'un volume réduit d'échantillon, est par contre difficilement corrélable avec les mesures précédentes. D'autre part, dans la majorité des cas l'élimination des matières en suspension est nécessaire avant le dosage. (Allali & Seddi, 2019).

II. LA POLLUTION DES EAUX

1. Définition

La pollution est due à toute substance physique, chimique ou biologique rej&ée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, (Tab. 02) induit d'importantes nuisances (mauvaise odeur, fermentation, inconforts divers, risques sanitaires, etc.) et qui se répercute, à court ou à long terme, sur notre organisme à travers la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons (Ladjel, 2006).

Tableau 02 : Origine des polluants et leurs traitements.

Type de polluant	Origine	Conséquences	Traitement
Matériaux (pierre, matériaux Plastique, sol collé.)	-Déchets ménagers - les inondations	Handicaps en cours d'utilisation Cette eau (bloc les conduites de transport d'eau)	-Traitement physique (Dépistage, Filtrage...)
Huiles industrielles	Déchets ménagers, déchets Industriels (stations de lavage Lubrification de voiture)	Pollution de l'environnement, empoisonnement Eau	-Traitement physique (Séparation des huiles).
Matériaux pliés, Matériaux organiques Chimiques: (Métaux précieux tels que le plomb, le mercure).	- Usage domestique - Pesticides agricoles - Souffleurs d'hôpitaux - Filtres industriels.	Cas d'empoisonnement et de maladies	-Traitement biologique. -Traitement Biochimique

2. Les types de pollution des eaux

2.1. Pollution physique

- Pollution mécanique
- Pollution thermique
- Pollution radioactive

2.2. Pollution chimique

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

2.3. Pollution microbiologique

- Les virus
- Les bactéries
- Les protozoaires (Zeghoud, 2014)

Tableau 03 : Classement par type de pollution.

Type de pollution	Nature	Source
1-Physique : Pollution thermique, Pollution radioactive	Rejets d'eau chaude Radio-isotope, élément radio actifs	Centrales électriques Industrie nucléaire
2-Chimique : Pollution par les fertilisants, Pollution par les métaux, Pollution par les pesticides, Pollution par les détersifs, Pollution par les hydrocarbures, Pollution par les composés de synthèse, Pollution par la matière organique (Fermentescibles)	Nitrates-phosphates Mercure, Cadmium, Insecticides, herbicides, Agents tensioactifs Pétrole brut et ses dérivés PCD. Solvants Glucides, liquide, protides	Agriculture et lessives Industrie, agriculture Industrie, agriculture Effluents domestiques Industrie pétrolière ; transport Industries Effluents domestiques, agricoles D'industries agroalimentaires. Papeteries
3-Microbiologique : Secteur agroalimentaire	Bactéries, Virus, Champignons	Effluents urbains, élevages Secteur agroalimentaire

3. Impact de la pollution de l'eau sur l'homme et l'environnement

La pollution peut exercer des effets qui, différés dans le temps et dans l'espace induisent des nuisances sur la santé humaine, l'écologique, et l'agricole.

3.1. Conséquences sanitaires

Les effets de la pollution des eaux sur la santé humaine diffèrent selon le mode de contamination qui peut être par ingestion ou par simple contact sans négliger les modes de contamination intermédiaires, en particulier la consommation de produits alimentaires eux même contaminés par des eaux polluées. (**Oubacha, 2011**).

L'absorption d'un polluant par voie digestive peut générer :

- ✓ Des effets à courts termes dits aigus causés par une seule absorption.
- ✓ Des effets à moyen terme engendrés par une absorption permanente pendant plusieurs mois.
- ✓ Des effets à long terme dits effets chroniques ou retardés causés par absorption tout au long d'une vie. (**Rodier, 1984**).

3.2. Les conséquences écologiques

Les conséquences écologiques de la pollution des ressources en eau se traduisent par la dégradation des écosystèmes aquatiques. Comme tout le milieu naturel, un écosystème aquatique dispose d'une capacité propre à éliminer la pollution qu'il subit : c'est sa capacité "d'autoépuration" cependant, lorsque l'apport de substances indésirables est trop important, que cette capacité épuratoire est saturée, les conséquences écologiques peuvent être de différentes natures. (**Baouia & Habbaz, 2006**)

3.3. Les conséquences agricoles

L'eau est dans certaines régions, largement utilisée pour l'arrosage ou l'irrigation, souvent sous forme brute (non traitée). La texture du sol (complexe argilo-humique), sa flore bactérienne, les cultures et le bétail, sont sensibles à la qualité de l'eau. Du même, les boues issues de traitement des eaux usées pourront, si elles contiennent des toxiques (métaux lourds) être à l'origine de la pollution des sols. (**Ghettas, 2009**).

III. L'ÉPURATION DES EAUX USEES

1. Définition

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant le milieu accepteur en égouts. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Pour cela, il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible.

L'épuration consiste à éliminer les plus gros débris organiques ou minéraux, retirer les MES de densité différente de l'eau tels que les grains de sables et les particules minérales, et aussi à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore...etc.)

Elle se fait dans des stations d'épuration qui comportent des installations de traitement des eaux et des dispositifs de traitement des boues produites. (Gaid, 1984 in Benelmouaz, 2015).

2. Le rôle principal de station d'épuration des eaux usées

Une station d'épuration est une usine qui nettoyer les eaux usées des particuliers et des industriels ainsi que les eaux pluviales, Elle est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte, juste en amont de la sortie des eaux vers le milieu naturel pour les assainir (Assainissement des eaux usées). (Chaouch, 2013).

Les stations d'épuration jouent un rôle principal pour la protection de l'environnement et la conservation de la santé humaine et évite le Problème de contamination de la nappe phréatique. Les stations d'épuration permettent également une économie d'eau, grâce à la réutilisation de celle-ci. Cependant ce procédé n'est que très peu pratiqué en raison d'un fort coût mise en place. (Mahdjar, 2016).

3. Les différents procédés d'épuration des eaux usées

3.1. Les procédés biologiques extensifs

- Le lagunage

Utilise la capacité épuratrice de plans d'eau peu profonds. Les eaux usées sont envoyées dans une série de bassins. L'oxygène est apporté par les échanges avec l'atmosphère. La pollution organique se dégrade sous l'action des bactéries présentes dans le plan d'eau. Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 à 90 % de la DBO, 20 à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. (Fig. 02 et 03). Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes. [1]



Figure 02 : Bassins de lagunage de petite taille. [2]

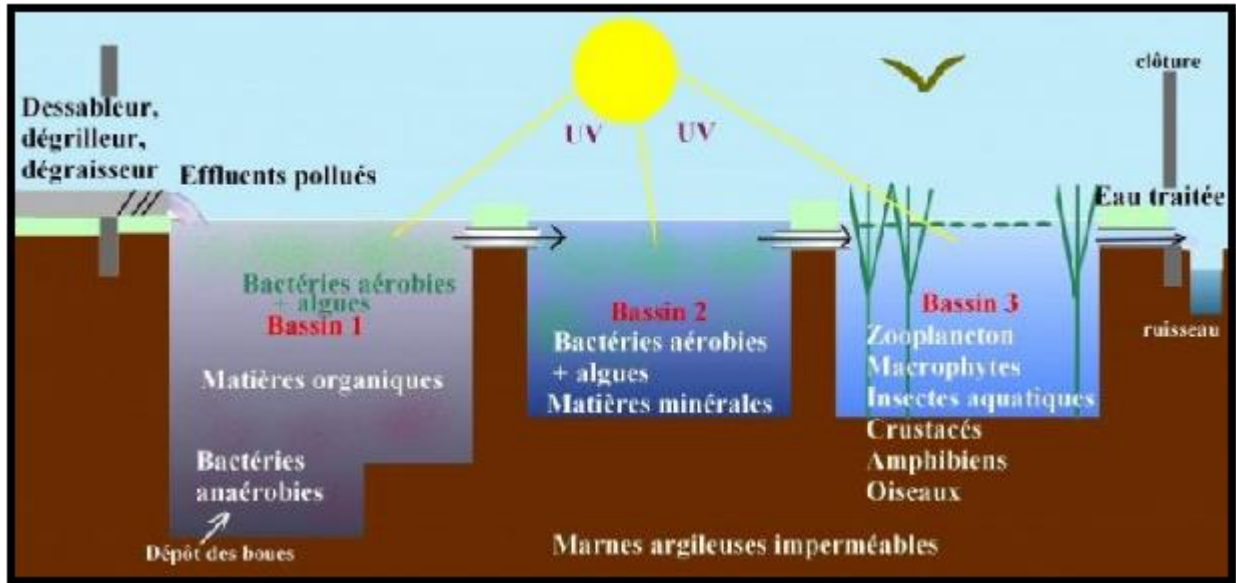


Figure 03 : Coupe des bassins du lagunage. [3]

3.2. Les procédés biologiques intensifs [1]

Ils regroupent toute une série de techniques ayant en commun le recours à des cultures bactériennes qui « consomment » les matières polluantes. Il existe deux grandes catégories de procédés biologiques artificiels.

- **Les installations à « boues activées »**

Il s'agit d'un système d'épuration aérobie, c'est-à-dire nécessitant un apport d'oxygène. La culture bactérienne est maintenue dans un bassin aéré et brassé. Les matières organiques contenues dans l'eau se transforment en carbone (sous la forme de dioxyde de carbone - CO_2) sous l'action des bactéries. Les résidus ainsi formés, contenant ce stock de bactéries, sont appelés « boues ».

- **Les installations à « cultures fixes »**

La technique des lits bactériens consiste à faire ruisseler les eaux à traiter sur un support solide où se développe une culture de micro-organismes épurateurs, le « film biologique » ou « biofilm ». Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO. Ces procédés sont en général réservés aux installations d'une taille inférieure à 2 000 équivalents-habitants. (Fig. 04)

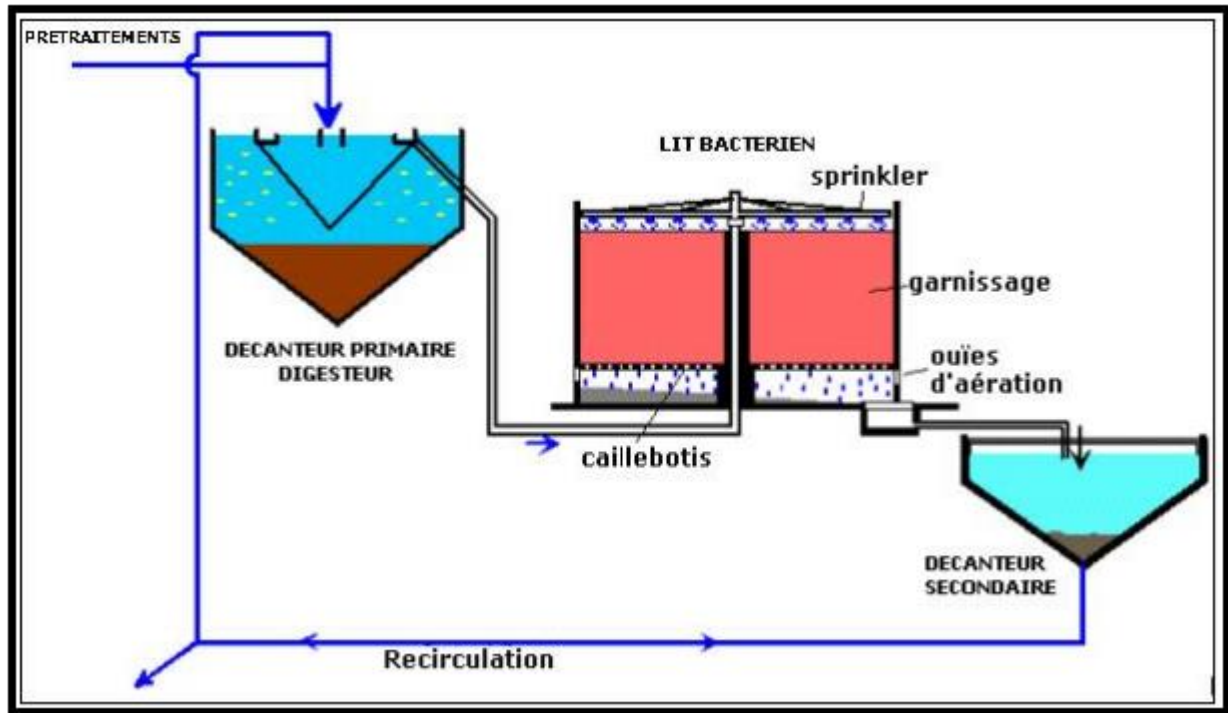


Figure 04 : L'épuration par le lit bactérien. [4]

4. La réutilisation des eaux usées épurées (REUE) en Algérie

4.1. Situation de l'assainissement en Algérie

Le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 1062 millions de m³ et dépassera 1,5 milliards de m³ à l'horizon 2020. Seul 365 millions de m³ est épurées.

Donc il faut prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation d'installations d'épuration. (ONA, 2015)

✚ Situation actuelle (exploitation):

Nombre de station d'épuration : 102 (52 STEP+ 50 lagunes)

✚ Situation du programme en cours de réalisation :

Nombre de station d'épuration : 176 (87 STEP+ 89 lagunes)

La capacité totale installée après l'achèvement de ce programme est de 925 millions de m³/an, c'est-à-dire l'équivalent de 10 barrages de moyenne capacité.

4.2. Potentiel actuel

Sur les 130 stations d'épuration exploitées par l'ONA à travers les 44 wilayas, 17 sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. Le volume réutilisé à fin Août 2016 est estimé à 14,6 Millions de m³, pour ces 17 STEP concernées par la REUE ; afin d'irriguer plus de 11 076 ha de superficies agricoles, il s'agit de :

- ✚ Kouinine (El Oued) et Ouargla,
- ✚ Guelma, Souk Ahras,
- ✚ Tlemcen, mascara et les lagunes de : Ghriss, Bouhanifia, Hacine, Oued Taria, Froha, Khalouia, Tizi et Mohamadia,
- ✚ Boumerdes. **(Bouzidi, 2020).**

4.3. Cadre réglementaire d'usage des eaux usées épurées

- ✓ La loi n° 05 - 12 du 04 août 2005, relative à l'eau, a institué, à travers ses articles 76 et 78, la concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n°60-année 2005).
- ✓ Le décret n° 07-149 du 20 mai 2007 fixe les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges y afférent (JO n°35 année 2007).
- ✓ Arrêté interministériel portant spécifications des eaux usées épurées,
- ✓ Arrêté interministériel portant liste des cultures à pratiquer avec les eaux usées épurées,
- ✓ Arrêté interministériel portant laboratoires des analyses des eaux usées épurées. **(Charabi, 2016).**

5. Domaine de la réutilisation des eaux usées épurées (REUE)

5.1. Usage agricole

L'emploi des eaux usées en agriculture est très ancien et les champs d'épandage ont constitué les premiers systèmes d'épuration. Le sol est un filtre efficace et un hectare contient jusqu'à une ou deux tonnes de micro-organismes. Aujourd'hui l'intérêt principal de la réutilisation des eaux usées en culture est plus souvent l'apport d'eau indispensable aux plantations (zones arides) que l'épuration par le sol ou l'apport d'éléments nutritifs.

Deux catégories de risques sont liées à cet usage des eaux usées :

- ✓ **Les risques sanitaires pour les populations avoisinantes et les consommateurs de produits agricoles** : Suivant l'état sanitaire endémique local, les méthodes culturales,

les habitudes de vie et les conditions climatiques, les risques sont très différents. Cependant, on peut considérer que de façon générale l'utilisation d'eaux résiduaires sur ou à proximité de végétaux à consommer crus est à écarter. La gestion correcte de périodes d'arrêt de l'épandage ainsi que de séchage de la récolte réduit ces risques. L'utilisation d'eaux résiduaires sur les prairies de fauche ne semble pas poser de grands problèmes ; il n'en est pas de même sur les prairies pâturées. Les cultures les plus adaptées sont l'arboriculture, les céréales, les betteraves et les oléagineux. L'épandage par irrigation est préférable à celui par aspersion.

- ✓ **Les risques pour les sols et les cultures** : colmatage du sol, accroissement de salinité, apport de toxiques.

Les propriétés physiques du sol peuvent être modifiées par les pratiques d'épandage. La structure peut, en particulier, être détruite par un apport excessif de sodium et une absence de lessivage (en particulier dans les zones à trop faible pluviométrie).

La connaissance du RAS de l'effluent (rapport d'absorption de sodium) est alors importante. (Degremont, 1978).

$$RAS = \frac{(Na^+)}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+}) + (Mg^{2+})}{2}}}$$

Tableau 04. Tableau des valeurs-guides des caractéristiques principales de l'eau d'irrigation. (Degremont, 1978).

Caractéristique	Limitation d'usage			
	Pas	Modérée	Forte	
Salinité en mg.l ⁻¹	< 450	450 - 2000	> 2000	
Conductivité spécifique en NS.cml (CE)	< 700	700 - 3000	> 3000	
RAS = 0-3	}	> 700	700-200	< 300
= 3-6		> 1200	1200-300	< 300
= 6-12		> 1900	1900 - 500	< 500
=12 - 20		> 2 900	2 900 -1300	< 1300
=20 - 40		> 5 000	5 000 - 2 900	< 2 900
Na				
Irrigation en surface - RAS	< 3	3 - 9	> 9	
Irrigation par aspersion mg.l ⁻¹	< 70	> 70		
Cl				
Irrigation en surface mg.l ⁻¹	< 140	140 - 350	> 350	
Irrigation par aspersion mg.l ⁻¹	< 100	> 100	-	
pH	de 6,5 à 8,4			

Tableau 5. Tableau des valeurs-guides d'éléments traces dans l'eau d'irrigation*. (Degremont, 1978).

Caractéristique	Valeur limite mg.l ⁻¹
Al	5
As	0,10
B	0,75
Bc	0,10
Cd	0,010
Cz	0,10
Co	0,05
Cu	0,2
F	1
Fe	5
Li	2,5
Mn	0, 2
Mo	0,01
Ni	0,2
Pb	5
Se	0,02
Va	0,10
Zn	2,0

*Les valeurs sont données pour une exploitation agricole continue et une quantité d'eau annuelle d'environ 1,20 m. Pour les exploitations de plus courte durée, ces valeurs peuvent être augmentées.

5.2. Usage industriel

L'eau résiduaire après traitement peut être une source d'eau tout à fait adaptée aux besoins industriels en particulier pour le refroidissement et les lavages. Les réalisations sont maintenant assez nombreuses.

Très souvent une élimination poussée de la pollution organique est nécessaire et le traitement biologique est alors suivi d'un traitement de finition. L'eau, après un traitement tertiaire très complet, comprenant entre autres une étape de déminéralisation, peut être utilisée pour l'alimentation de chaudières basse pression. Des essais de longue durée ont démontré la faisabilité de cette solution pour des chaudières moyenne pression. (Degremont, 1978).

5.3. Usage domestique et municipal

La réutilisation des eaux usées traitées au domicile de l'habitant ou à l'échelle de la ville est possible à différents niveaux de qualité et suivant plusieurs schémas :

- recyclage partiel à l'intérieur d'immeubles. Cette solution qui a fait l'objet d'applications en Extrême-Orient consiste le plus souvent à alimenter les chasses de toilette au moyen des autres eaux usées qui sont réutilisées après traitement,
- alimentation de réseaux municipaux de lavage (rues, camions, etc.) et de réseaux d'incendie. Cette utilisation ne doit pas apporter de gêne d'exploitation dans le réseau (dépôts, développements bactériens, corrosion, etc.) ni entraîner de risques sanitaires inacceptables.
- réalimentation partielle de nappes d'eaux souterraines, (lits filtrants...),
- constitution de barrières hydrauliques souterraines empêchant l'introduction d'eau de mer dans les aquifères côtiers,
- réinjection dans le circuit d'eau potable. Cette utilisation exige des chaînes de traitement très complètes mais ne se heurte pas à une impossibilité technique. Elle a été mise en œuvre dans des contrées désertiques et elle a été aussi étudiée pour des navires spatiaux. La salinité de l'effluent réutilisé conduit souvent à le mélanger à de l'eau douce pour respecter les normes de potabilité. Sinon un dessalement est nécessaire.

L'élimination de la pollution organique, de l'ammonium, de la pollution bactériologique doit être très soignée. (**Degremont, 1978**).

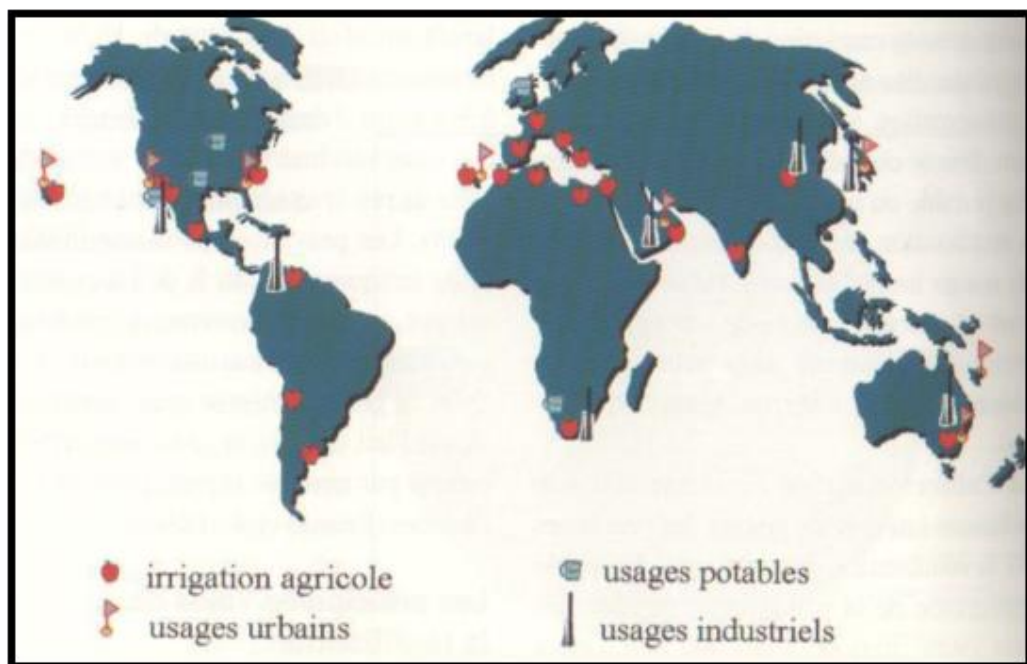


Figure 05 : Réutilisation des eaux usées dans le monde. (**Bouzi, 2020**).

6. Intérêt, avantages et bénéfices de la réutilisation des eaux usées

✓ Ressource alternative

- Augmenter la ressource en eau et la flexibilité d'approvisionnement tout en diminuant la demande globale.
- Différer le besoin de mobilisation d'autres ressources en eau.
- Assurer une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses pour l'irrigation et les usages industriels.
- Garantir une indépendance vis-à-vis du fournisseur d'eau potable (par exemple pour des raisons politiques).

✓ Conservation et préservation des ressources

- Économiser l'eau potable pour la réserver aux usages domestiques.
- Contrôler la surexploitation des ressources souterraines.

✓ Valeur économique

- Éviter les coûts du développement, du transfert et de pompage de nouvelles ressources en eau fraîche.
- Éviter les coûts de l'élimination des nutriments des eaux usées.
- Réduire ou éliminer l'utilisation des engrais chimiques en irrigation.
- Assurer des revenus complémentaires grâce à la vente de l'eau recyclée et des produits dérivés.
- Assurer des bénéfices économiques pour les usagers grâce à la disponibilité de l'eau recyclée en cas de sécheresse.

✓ Valeur environnementale

- Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur.
- Améliorer et maintenir les plans d'eau en cas de sécheresse.
- Éviter les impacts négatifs liés à la construction de nouveaux barrages, réservoirs, etc...
- Améliorer le cadre de vie et l'environnement (espaces verts, etc.).
- Proposer une alternative fiable aux rejets d'eaux usées dans les milieux sensibles (réserves naturelles, etc.).

✓ Développement durable

- Réduire les coûts énergétiques et environnementaux par rapport à ceux de l'exploitation des aquifères profonds, du transport d'eau à longues distances, du dessalement, etc.
- Assurer une ressource alternative à faible coût pour les régions arides, la protection des milieux sensibles et la restauration des zones humides.

- Augmenter la production alimentaire en cas d'irrigation. (**Lazarova & Brissaud, 2007**).

7. Défis et contraintes de la réutilisation des eaux épurées.

✓ **Aspects législatifs et sanitaires**

- Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées.
- Absences de réglementation et des incitations à la réutilisation.
- Droit sur l'eau: qui possède l'eau recyclée et qui récupère les revenus?
- Exploitation inappropriée et/ou qualité non-conforme.

✓ **Aspects sociaux-légaux**

- Acceptation publique de la réutilisation.
- Répartition des responsabilités et gestion des litiges.

✓ **Aspects économiques**

- Financement des infrastructures (traitement tertiaire et réseau de distribution) et des coûts d'exploitation.
- Recouvrement des coûts aléatoire.
- Demande saisonnière pour l'irrigation et besoin de stockage.
- Faible prix de l'eau potable (subventionnée) surtout pour les agriculteurs.
- Responsabilité pour la perte potentielle du revenu de la vente d'eau potable.

✓ **Aspects environnementaux et agronomiques**

- La présence de beaucoup de sels, bore, sodium et autres micro-polluants peut avoir des effets négatifs sur certaines cultures et les sols.

✓ **Aspects technologiques**

- Une grande fiabilité d'exploitation est requise.
- Importance du choix de la filière de traitement. (**Lazarova & Brissaud, 2007**).

IV. Normes de rejet dans un milieu récepteur

1. Milieu récepteur

Les déversements des eaux usées peuvent se faire directement ou indirectement dans le milieu naturel aquatique. Ces rejets ont un effet négatif sur l'environnement.

Il existe différents types de milieux récepteurs (SOW, 2001). Ce sont :

- Les cours d'eau, lacs, étangs et mer dans lesquels l'effluent est rejeté, soit directement soit par l'intermédiaire d'un ouvrage d'évacuation pourvu ou non à son extrémité d'une station d'épuration ;
- Les puits absorbants artificiels (utilisés dans des cas exceptionnels) : leur utilisation reste subordonnée à une épuration préalable de l'effluent à enfouir afin d'éviter l'encrassement, le colmatage, ... ;
- Le sol, par voie d'épandage en vue de l'épuration naturelle ; la structure et la texture du sol sont ici les facteurs déterminants.

2. Normes internationales

✓ Les normes de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé)

Dans plusieurs pays, des normes de rejet ont été établies afin d'atténuer les impacts négatifs de rejet des eaux usées épurées dans les milieux récepteurs, et d'éviter de causer des problèmes environnementaux. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau (6) suivant (CSHPF, 1995).

Tableau 06 : Normes de rejets internationales OMS.

Paramètres	Unité	Normes utilisées (OMS)
PH	-	6,5-8,5
DBO5	Mg/l	< 30
DCO	Mg/l	< 90
MES	Mg/l	< 20
NH ₄ ⁺	Mg /l	< 0.5

NO ₂ ⁻	Mg /l	1
NO ₃ ⁻	Mg /l	< 1
P ₂ O ₅	Mg /l	< 2
Température T	°C	< 30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Inodore

✓ **Les normes de la FAO**

Les directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO, 2003) sont notées dans le tableau 7.

Ces directives générales peuvent être employées pour évaluer l'eau usée traitée, utilisée à des fins d'irrigation, en termes de constituants chimiques tels que les sels dissous, le contenu en sodium et les ions toxiques. La procédure demeure la même qu'avec les autres types d'eaux (Bureau régional de la FAO, 2003).

Tableau 07 : Normes de la FAO pour l'irrigation avec des eaux usées traitées. (FAO, 2003).

Paramètres	Unité	Normes		
		FAO 2003		
		Degré de restriction à l'usage		
		Aucun	légère à modéré	Sévère
pH	-	6.5-8.5		
CE	dS/m	<0,7	0.7-3	>3
NTK	mg/L	20 - 60		
NO ₃ ⁻	mg/L	< 5	5 – 30	> 30
Pt	mg/L	6 - 15		

3. Normes nationales : Journal Officiel de la République Algérienne (Jora, 2012).

Tableau 08 : Les valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Jora, 2012).

Les paramètres	Valeurs limites	Unités
Température	30	°C
PH	6.5 à 8.5	-
MES	30	Mg/l
DBO ₅	30	Mg/l
DCO	90	Mg/l
Azote	30	Mg/l
Phosphates	02	Mg/l
Phosphore total	10	Mg/l
Cyanures	0.1	Mg/l
Aluminium	03	Mg/l
Cadmium	0.2	Mg/l
Fer	03	Mg/l
Manganèse	01	Mg/l
Mercure total	0.01	Mg/l
Nickel total	0.5	Mg/l
Plomb total	0.5	Mg/l
Cuivre total	0.5	Mg/l
Zinc total	03	Mg/l
Huiles et graisses	20	Mg/l
Hydrocarbures totaux	10	Mg/l
Indice phénols	0.3	Mg/l
Fluor et composes	15	Mg/l
Etain total	0.2	Mg/l
Composés organiques chlorés	05	Mg/l
Chromes total	0.5	Mg/l
(*) Chrome III ⁺	03	Mg/l
(*) Chrome VI ⁺	0.1	Mg/l
(*) Solvants organiques	20	Mg/l
(*) Chlore actif	01	Mg/l
(*) PCB	0.001	Mg/l
(*) Détergents	02	Mg/l
(*) Tensioactifs anioniques	10	Mg/l

Chapitre 02 :
«Présentation du site
d'étude»



I. Description de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Guelma

1. Localisation

La STEP de Guelma est située sur la route nationale N.21, pont Héliopolis près de l'Oued Seybouse (**Fig. 06**). Elle est fonctionnelle depuis le 18 février 2008 à raison d'un traitement d'environ 32000 m³/jour au temps sec et 43000 m³/jour au temps de pluie.

La station est implantée sur un terrain agricole de 7.8 Hectares avec une capacité de 200 000 équivalents / habitant (**Fig. 07**), (L'équivalent par habitant ; c'est une unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour (1 EH = 60 g de DBO5/jour en entrée station soit 21,6 kg de DBO5/an). Elle utilise le procédé de culture libre (boue activée) comme procédé d'épuration. (**Latifi, 2018**).

2. Réseau de raccordement

Il faut noter que le réseau d'assainissement de la ville de Guelma est un réseau de type unitaire (Il englobe tous en même temps ; les égouts, les rejets industriels, individuels...etc.).

La station reçoit des affluents à partir de deux stations de relevage défini comme suit :

***SP1** : Alimentée par Oued El Maïz, elle ramène des effluents beaucoup plus chargés que SP2, puisqu'elle est raccordée par les effluents des usines qui se trouve dans la zone industrielle de la ville de Guelma, avec un débit de : 1575m³/h.

***SP2** : Alimentée par Oued Skhoun, ces effluents de rejet des habitants, avec un débit de : 1125m³ (**Latifi, 2018**).

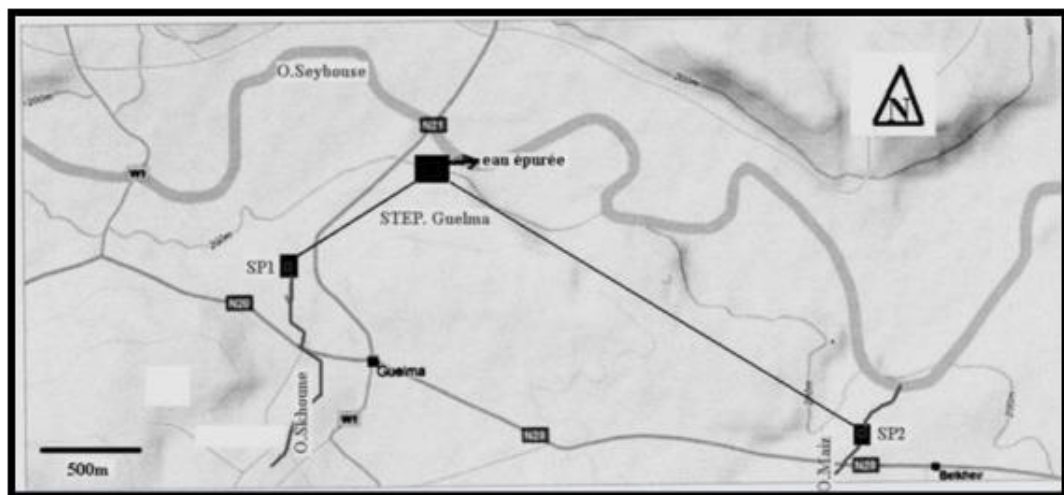


Figure 06 : Situation géographique de la STEP de Guelma. (**Chibani, 2010**).



Figure 07 : Schéma de la station d'épuration de la ville de Guelma. (Chibani, 2010).

Suivant le schéma de la STEP Guelma, l'exploitation de la station repose sur trois services :

- ✓ Service d'exploitation.
- ✓ Service d'analyse (laboratoire).
- ✓ Service de maintenance.

3. Points de rejets (destination)

✓ L'eau épurée :

Le rejet est réalisé dans l'Oued Seybouse situé en contrebas de la station d'épuration à 331 m de distance, les effluents sont acheminés jusqu'à l'Oued par une canalisation de rejet.

✓ Les sous-produits issus de l'épuration :

Boues: Les boues sont épaissies puis hydratées sur lits de séchage avant leur envoi en décharge (ou autres utilisations Agricoles).

Les produits de Dégrillage : Les refus de dégrillage sont évacués par un tapis transporteur, ou une vis de convoyage dans une benne à ordure.

Graisses et Huiles : Elles sont stockées dans une fosse à graisse avant enlèvement.

Sables : Ils sont extraits de l'ouvrage de prétraitement, séparés de leur eau par un classificateur, puis stockés dans une benne relevable. (Djemame & Moumene, 2011).

4. Objectif du Traitement / Objectif de la STEP

L'objectif principal de la station de traitement des eaux usées est de réduire la pollution (en nettoyant) les eaux usées domestiques de façon à rejeter à la rivière des eaux traitées compatibles avec la qualité souhaitée et dans les normes idéales. (Allel et al., 2013).

Les autres objectifs sont :

- ✓ Protection de la nappe phréatique contre la pollution;
- ✓ Éviter aux agriculteurs l'irrigation des terres agricoles avec les eaux usées;
- ✓ Minimiser le risque des maladies à transmission hydrique;
- ✓ Réutilisation des eaux épurées dans le domaine de l'irrigation;
- ✓ Économie importante de l'eau;
- ✓ Éviter la surexploitation des nappes souterraines. [5]

Pour la station de la ville de Guelma le rejet doit se conformer aux normes ci-après :

- DBO: inférieure à 35 mg/l sur 24h. Sans dépasser 40mg/l sur 02 heures ;
- MES: Inférieure à 35mg/l sur 24 heures ;
- DCO: Inférieure à 130mg/l sur 24h sans dépasser 120mg/l sur 02heures.

Ceci conduit aux rendements d'élimination moyens suivant:

- DBO: 91,12%.
- MES:93,15%.
- DCO: 82,00 %. (Karaali et al., 2008).

5. Conditions d'implantation d'une station d'épuration

La station d'épuration doit être implantée selon les conditions suivantes:

- ✓ Éviter le maximum les zones inondables;
- ✓ Prendre en considération les zones urbanisées et urbanisables à cause des odeurs désagréables, maladies transmissibles par l'air,...;
- ✓ L'implantation doit être à l'aval du réseau d'assainissement (à l'exutoire) afin d'éviter le relevage et par conséquent le coût élevé;
- ✓ La position de la station d'épuration doit être dans un point où la collecte des eaux usées se fait au maximum (repérer le point stratégique entre deux agglomérations par exemple);
- ✓ Le rejet des eaux épurées ne doit pas affecter le milieu récepteur (inondation des terres agricoles). [5]

6. Risques liés à la station d'épuration

- Risques de chutes, de glissades, liées à la circulation du personnel aux abords immédiats des équipements et matériels :
- Le personnel exploitant peut être contaminé par voie digestive (essentiellement en portant les mains ou les objets souillés à la bouche), par la peau tout au long du processus de traitement de l'eau ;
- Le risque de contamination par voie respiratoire existe à proximité des procédés (dégrillage,);
- Les risques d'incendie et d'explosion liés à la présence de gaz de fermentation ou de résidus de produits inflammables, nécessaires à l'exploitation ou introduits accidentellement par les eaux résiduaires ;
- Les risques d'asphyxie liés aux espaces confinés, aux fosses... [5]

II. Les procédés d'épuration utilisés au niveau de la station

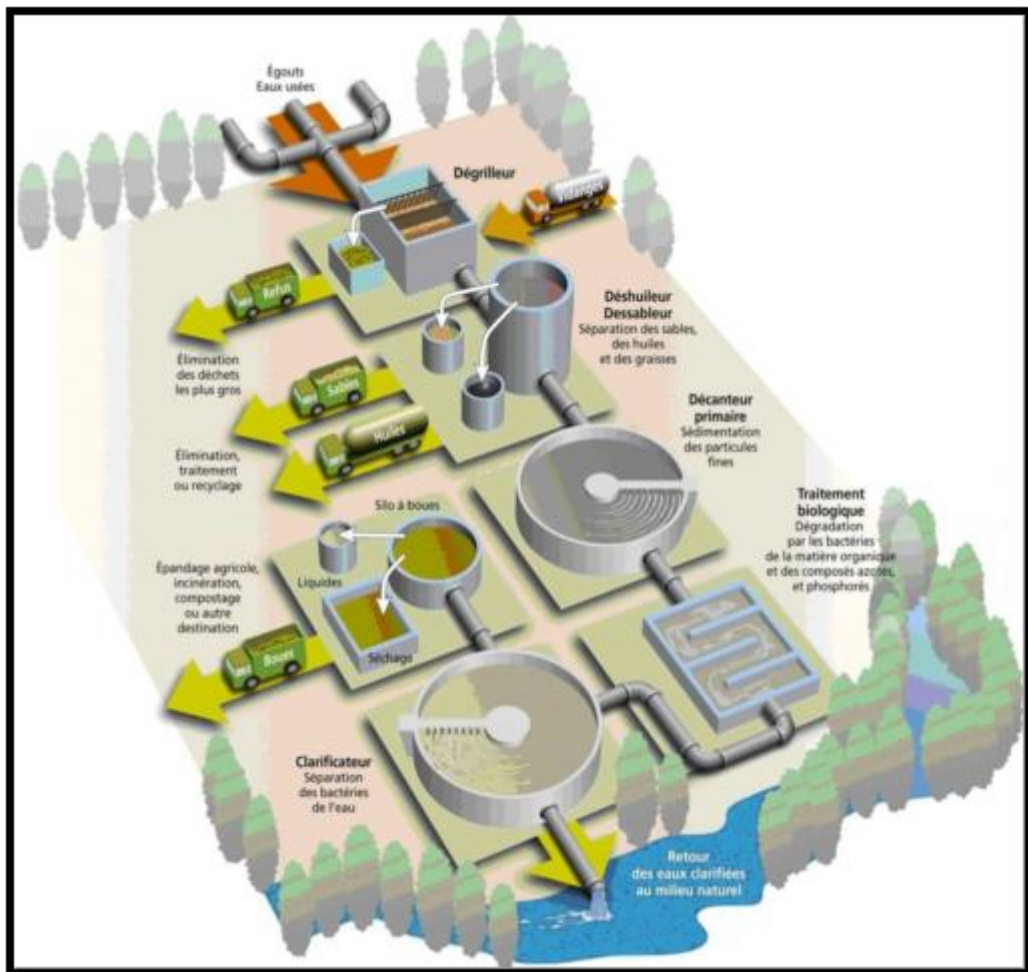


Figure 08 : Schéma explicatif d'une station d'épuration à boues activées. [5]

1. Le prétraitement

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers. Il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage).

✓ Dégrillage

Premier poste de traitement, situé à l'arrivée des eaux usées dans la station, l'eau est passée à travers des grilles plus ou moins grossières (**Fig. 09**) pour récupérer tous les éléments solides plus gros que les espacements des grilles (papiers, feuilles, objet divers...), charriés par l'eau brute, et qui pourraient endommager les installations situées en aval (pompes, conduites).

L'effluent passe pour cela entre les barreaux métalliques d'une grille dont le nettoyage se fait soit automatiquement (à privilégier pour réduire les interventions humaines), soit manuellement, l'espacement de barreaux varie de 6 à 100 mm et sont placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale.

Le nettoyage de la grille est généralement mécanique. Il est réalisé par un râteau solidaire d'un chariot qui se déplace de bas en haut le long d'une crémaillère ou entraîné par deux câbles.

Le fonctionnement du dispositif de nettoyage peut être commandé par une temporisation ou/et à partir d'un indicateur de perte de charge différentiel. Les déchets ainsi recueillis, après stockage, ont des destinations variables selon leur nature : mise en charge, incinération. (**Latifi, 2018**).



Figure 09 : Entrée de la STEP de Guelma (Dégrillage). (**Yassad & Haiahem, 2022**).

✓ Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, ainsi pour protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements ultérieurs en particulier les réacteurs biologiques.

L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage. Cette opération concerne les particules minérales de granulométrie supérieure à 100µm. (Metahri, 2012).

Plusieurs procédés peuvent être utilisés :

- ✓ Le dessableur couloir simple : souvent réservé aux petites installations, l'extraction du sable se faisant manuellement :
- ✓ Le dessableur circulaire extraction mécanique : le sable collecté est évacué par une pompe le plus souvent :
- ✓ Le dessableur rectangulaire aéré : particulièrement indiqué pour les débits importants, ce procédé permet d'une part, grâce à l'air insufflé, de séparer les particules de sables matières organiques, d'autre part, d'éliminer les matières flottantes. La récupération du sable peut se faire de diverses façons (raclage vers une fosse de collecte, émulseur d'air, pompe suceuse...). (Latifi, 2018).

✓ Dégraissage-Déshuilage :

Les opérations dégraissage-déshuilage consistent à séparer de l'effluent brut, les huiles et les graisses par flottation. Ces derniers étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau. L'injection des micros bulle d'air permet d'accélérer la flottation des graisses.

Souvent ces opérations sont combinées dans un même ouvrage où la réduction de vitesse dépose les sables et laisse flotter les graisses (Fig.8). On enlève ainsi de l'eau les éléments grossiers et les sables de dimension supérieure à 200 microns ainsi que 80 à 90 % des graisses et matières flottantes. (Djemame & Moumene, 2011).

2. Traitement primaire

Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par graviter. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules. (Karaali *et al.*, 2008).

La décantation classique est possible lorsque les eaux pré-traitées séjournent en eaux calmes dans le bassin de décantation primaire (**Fig. 10**). Les matières en suspension, organiques ou non, se déposent dans le fond du bassin simplement par gravité. Elles y sont raclées et évacuées formant ainsi les boues primaires.



Figure 10 : Décanteur primaire. (Yassad & Haiahem, 2022).

3. Traitement secondaire

Les traitements secondaires recouvrent les techniques d'élimination des matières polluantes solubles (carbone, azote et phosphore). Dans la majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique.

Le traitement biologique par « culture libre » est actuellement la technique utilisée pour l'épuration des eaux usées de la station de Guelma. Le terme « culture libre » regroupe les procédés où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de floes au sein du liquide à traiter.

Le principe général de ce procédé consiste à accélérer le processus d'oxydation naturelle de la matière organique qui survient dans les milieux récepteurs. Il est principalement mis en œuvre par la technique des boues activées. (Karaali *et al.*, 2008).

Cette technique consiste à mettre en contact les eaux usées avec un mélange riche en bactéries par brassage pour dégrader la matière organique en suspension ou dissoute. Il y a une aération importante pour permettre l'activité des bactéries et la dégradation de ces matières, suivi d'une décantation à partir de laquelle on renvoie les boues riches en bactéries vers le bassin d'aération (**Fig.11**). (Abda & Bouchahed, 2009).

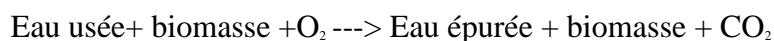


Figure 11 : bassin d'aération. (Yassad & Haiahem, 2022).

Le traitement biologique se déroule au niveau de bassin d'aération et comporte :

A- L'élimination du carbone

L'élimination du carbone des matières organiques se fait dans un bassin d'aération. Les bactéries se multiplient dans des bassins alimentés d'une part en eaux usées à traiter et d'autre part en oxygène par des apports d'air. Les bactéries, en suspension dans l'eau des bassins, sont donc en contact permanent avec les matières polluantes dont elles se nourrissent et avec l'oxygène nécessaire à leur assimilation. Elles transforment les matières organiques en CO_2 et H_2O . Elles forment des amas en suspension dans l'eau appelés "flocs" dont l'accumulation donne des boues.



La technique de traitement biologique appliquée dans la STEP de Guelma est le procédé des boues activées.

B- L'élimination de l'azote

L'élimination de l'azote par voie biologique consiste à oxyder l'azote ammoniacal en azote nitreux puis en azote nitrique en milieu aérobie, puis à réduire les nitrites en azote gazeux en zone anoxie. Les différentes étapes sont :

◆ □ **L'assimilation**

C'est l'utilisation d'une partie de l'azote ammoniacal et éventuellement organique pour la synthèse bactérienne. Les besoins de celle-ci sont de l'ordre de 5% de la DBO5 éliminée par la culture bactérienne.

◆ □ La Nitrification

La nitrification est l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrites, puis en nitrates après transformation de l'azote organique en azote ammoniacal (ammonification). Elle s'effectue en deux stades par micro-organismes autotrophes :

*Oxydation de (NH_4^+) en (NO_2^-) : c'est l'œuvre essentiellement des germes Nitrosomonas,

*Oxydation de (NO_2^-) en (NO_3^-) : Les bactéries responsables de cette deuxième réaction, appartiennent aux germes Nitrobacter.

La réaction globale simplifiée de la nitrification peut s'écrire :



◆ □ La Dénitrification

C'est une réaction des nitrites en azote gazeux qui retourne ainsi sous sa forme primitive dans l'atmosphère. Cette réduction se fait par l'intermédiaire de bactéries anaérobies facultatives hétérotrophes qui en cas de carence du milieu en oxygène ont la propriété d'utiliser l'oxygène combiné de certains composés chimiques et notamment des nitrites réduits alors en azote gazeux.

C- L'élimination de phosphore

Le principe de la déphosphatation biologique repose sur l'aptitude de certain macro-organisme présents dans la station à relarguer leurs réserves en phosphore lorsque les conditions de vie sont difficiles (le phosphore est alors évacué de la cellule) et à reconstituer des réserves au maximum lorsque les conditions redeviennent favorables, Ces conditions défavorables puis favorables sont créés par l'établissement d'une zone anaérobie suivie d'une zone aérobie. Le phosphore se retrouve finalement concentré dans les boues le rendement se situe entre 60% et 80%. (Latifi, 2018).

4. Décantation secondaire

La séparation des boues formées a lieu dans un décanteur (ou clarificateur). La masse biologique ainsi récupérées constitue les boues secondaires dont une partie est évacuées vers le traitement des boues, tandis que l'autre est recyclée pour maintenir une masse biologique suffisante pour l'épuration (Fig. 12). (Latifi, 2018).



Figure 12 : Bassin de décantation secondaire. (Yassad & Haiahem, 2022).

5. Désinfection

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. Des procédés d'élimination supplémentaires sont donc employés lorsque les eaux traitées sont rejetées en zone de baignade, de pisciculture ou d'élevage de coquillages, réutilisation d'effluents à des fins d'irrigation comme le cas d'effluent de la STEP Guelma. (Latifi, 2018).

Après la récupération des eaux clarifiées, ces dernières seront envoyées vers un bassin rectangulaire formé des chicanes (Fig. 13) afin de recevoir des doses de javel qui sont préparés dans deux cuves de préparations de javel à partir de l'hypochlorite de calcium, cette javellisation permet de détruire toutes germes avant le rejet. (Allel et al., 2013).

Un contrôleur de chlore est installé à la sortie du bassin pour pouvoir contrôler le taux du chlore. (Ladjel, 2006).



Figure 13 : Sortie de la STEP (bassin de désinfection). (Yassad & Haiahem, 2022).

6. Traitement des boues

Le traitement des boues est défini comme l'ensemble des opérations visant à modifier les caractéristiques des boues en excès afin de rendre leur destination finale fiable et sans nuisance. (Karaali *et al.*, 2008).

On distingue deux grands types de traitement :

6.1. Des traitements de stabilisation, de type biologique, chimique ou thermique. Dont l'objectif est de réduire la fermentescibilité des boues pour atténuer ou supprimer les mauvaises odeurs.

6.2. Des traitements de réduction de la teneur en eau des boues, visant à diminuer la quantité de boues à stocker et à épandre, ou améliorer leurs caractéristiques physiques par :

- ✓ **L'épaississement** vise à augmenter la siccité (teneur en matière sèche) des boues sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue qui peut se faire simplement par voie gravitaire dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage, flottation ou centrifugation).
- ✓ **La déshydratation**, qui correspond en fait à une augmentation forte de siccité, modifie l'état physique des boues, celles-ci passant de l'état liquide à l'état pâteux ou solide.
- ✓ **Le séchage** élimine en grande partie ou en totalité l'eau par évaporation, soit par voie naturelle (lits de séchage), soit par voie thermique. (Fig.14). (Tebessi & Bahloul, 2014).



Figure 14 : Lits de séchage. (Yassad & Haiahem, 2022).

Chapitre 03 :
« Matériel et
méthodes »



I. Méthodes et points de prélèvement

Pour la réalisation des analyses physico-chimiques de nos échantillons ; notre partie pratique a été réalisée au niveau du laboratoire de la STEP de Guelma du mois de Novembre 2021 jusqu'à mois d'Avril 2022. Pour cela nous montrons dans ce chapitre les différentes méthodes ainsi que les différents matériels utilisés.

1. Méthode de prélèvement

Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide des bouteilles en plastique préalablement rincées avec l'eau de la station. (**Fig. 16**)

2. Points de prélèvement

Le prélèvement a été effectué pendant le mois de Mars et Avril 2022 et comporte deux sites différents :

- Site 01 : Entrée de la STEP ;
- Site 02 : Sortie de la STEP.

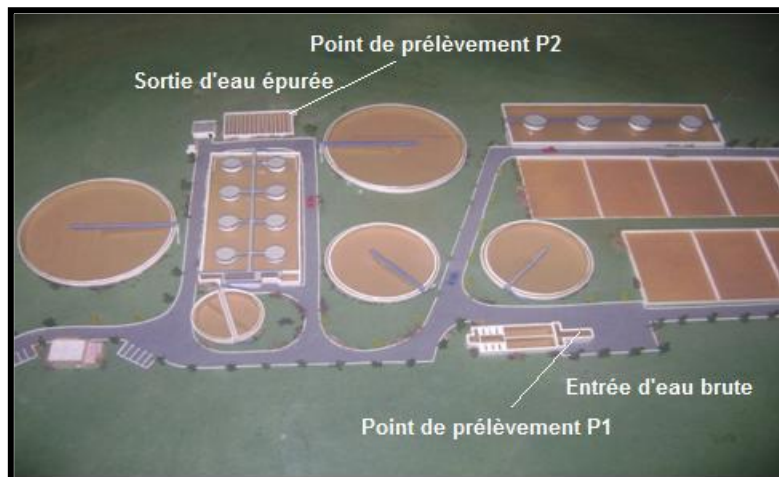


Figure 15 : Points de prélèvement d'eau. (Bahloul & Tebessi, 2014).



Figure 16 : Les échantillons prélevés.

3. Analyses et modes opératoires

✚ Détermination de La conductivité électrique (CE) et la température (T°) :

Matériel :

- Bécher contenant l'eau à analyser.
- Conductimètre de type con 510.
- L'eau distillée.

Mode opératoire :

1. Rincer la sonde avec de l'eau distillée.
2. Immerger la sonde dans l'échantillon.
3. Faire la lecture après la stabilisation des chiffres apparents sur l'écran soit stagné.



Figure 17: Conductimètre (con510).

✚ Détermination du pH :

Le pH est l'un des paramètres chimiques importants lorsqu'il s'agit de déterminer la qualité d'une eau. Il sert au contrôle de la qualité de l'eau à l'entrée de la station d'épuration (STEP). (Crepa, 2007).

✓ Principe :

La méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. Le pH-mètre est un voltmètre un peu particulier qui se caractérise par une très grande impédance d'entrée en raison de la forte résistance présentée par l'électrode de mesure. (Crepa, 2007).

✓ **Intérêt de la mesure du pH :**

Le pH de l'eau traitée rejetée dans le milieu naturel va influencer la vie de la faune et de la flore de ce milieu. C'est pour cette raison que l'arrêté du 22 décembre 1994 impose, pour les rejets de station d'épuration, un pH compris entre 6 et 8.5. (**Rejsek, 2002**).

Matériel :

- pH mètre de type sensION tm.
- Récipient contenant l'eau à analyser.

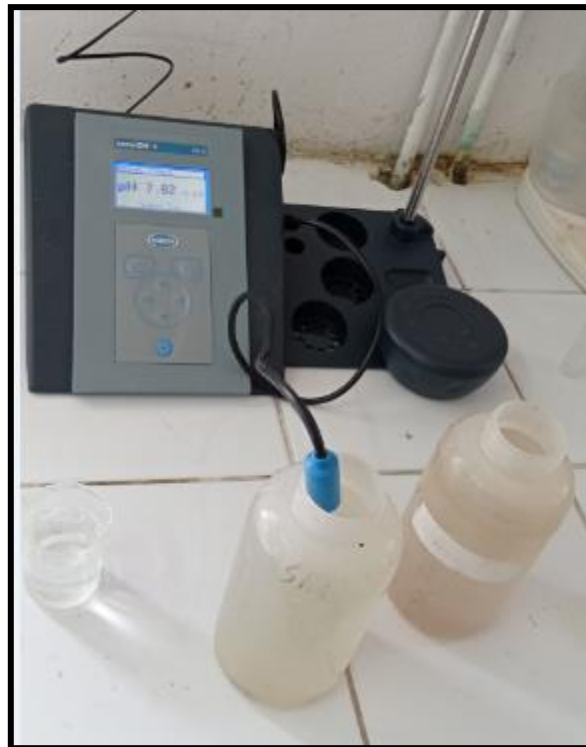


Figure 18 : pH mètre.

Mode opératoire :

- Rincer la sonde avec l'eau distillée avant de commencer la mesure.
- Plonger la sonde dans l'eau à analyser et faire la lecture après que la valeur soit stable.
- Puis noter le pH.

✚ Détermination de la DCO :

Matériel :

- Réacteur DCO.
- Pipette
- Spectrophotomètre UV-Visible.
- cuves d'analyse (entrée) contient : 90% d'acide sulfurique, sulfate de mercure, bichromate de potassium.
- cuves d'analyse (sortie) contient : 90% d'acide sulfurique, sulfate de mercure, argent sulfate.



Figure 19 : Réacteur DCO.



Figure 20 : Cuves d'analyse (Entrée, Sortie).



Figure 21 : Spectrophotomètre.

Mode opératoire :

- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif **DCO**.
- Mélanger soigneusement le tube.
- Placer le tube bouché dans le réacteur **DCO** et chauffer deux heures à 148 °C.
- Lire la **DCO** directement avec un Spectrophotomètre.

✚ Détermination des Matières En Suspension (MES) :

La mesure de MES permet d'apprécier la charge solide en suspension d'une eau naturelle ou résiduaire. (Rejsek, 2002).

***Principe d'analyse :**

On évalue le poids sec du résidu, obtenu par filtration de l'échantillon d'eau après passage à l'étuve à 105°C.

Matériel :

- Ensemble de filtration.
- Balance électrique APX-200.
- Étuve.
- Dessiccateur:
- Disque filtrant en fibre.

Mode opératoire :

✓ *Préparation de filtres :*

- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
- Mettre dans l'étuve a 105° C pendant 2 heures.
- Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement. (absorption de l'humidité).

✓ *La méthode :*

- On prend le disque de filtration, on le pèse et on marque le poids comme P₀.
- Placer le disque dans l'ensemble de filtration et on verse progressivement le volume d'eau à analyser jusqu'à filtration complète.
- Mettre le disque dans l'étuve pendant 2h à 105°C.
- Laisser le filtre refroidir au dessiccateur.
- Après on pèse le filtre à nouveau et on marque le poids comme P₁.

✚ Formule :

MES = $(P_1 - P_0) / 1000$ (mg/l). Avec :

P₀ : Poids de filtre en vide.

P₁ : Poids de filtre en plein.



Figure 22 : Balance électrique : APX-200.

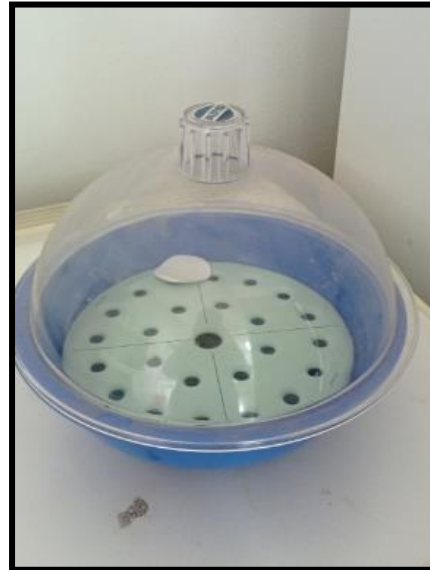


Figure 23: Dessiccateur.



Figure 24 : Ensemble de filtration.



Figure 25 : Étuve.

✚ Dosage de l'ammonium NH_4^+ :

Matériel :

- Spectrophotomètre UV-Visible.

Mode opératoire :

✚ Cuve d'entrée :

- Prélever 0.2 ml d'eau à analyser et l'ajouter à la cuve d'analyse.
- Agiter vigoureusement 2 à 3 fois la cuve.
- Attendre 15 min, puis bien nettoyer l'extérieur de la cuve.
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre à 694 nm.

✚ Cuve de sortie :

- Prélever 5 ml d'eau à analyser et l'ajouter à la cuve d'analyse.
- Agiter vigoureusement 2 à 3 fois la cuve.
- Attendre 15 min, puis bien nettoyer l'extérieur de la cuve.
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre à 694 nm.



Figure 26 : Dosage NH_4^+ .



Figure 27 : cuves d'analyse (Entrée, sortie).

✚ Dosage d'Orthophosphate OPO_4 :

Matériel :

- Spectrophotomètre UV-Visible.

Mode opératoire :

- Prélever soigneusement 0.5 ml d'échantillon.
- Pipetter 0.2 ml de réactif **B** qui contient 16% d'acide sulfurique (fermer immédiatement le réactif B après emploi)
- Visser un **Dosicap C** gris sur la cuve contient sodium peroxodisulfate, métaborate de sodium et lithium sulfate.
- Secouer énergiquement la cuve.
- Après 10 min retourner de nouveau et bien nettoyer l'extérieur de la cuve.
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre à 880 nm.

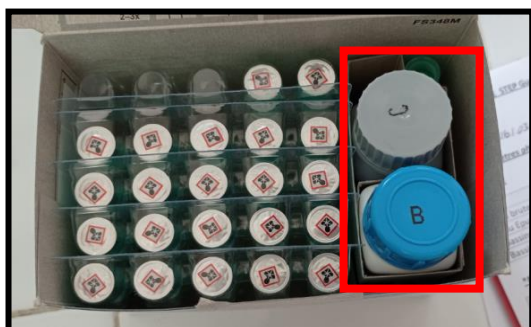


Figure 28 : Réactif B, Dosicap C.



Figure 29 : Cuves d'analyse contient 1% d'acide sulfurique.

+ Dosage de nitrite NO_2^- :

Matériel :

- Spectrophotomètre UV-Visible.

Mode opératoire :

- Enlever délicatement la feuille de protection du dosicap Zip détachable.
- Dévisser le dosicap Zip.
- Pipetter soigneusement 2 ml d'échantillon.
- Visser immédiatement le Dosicap Zip en dirigeant les cannelures vers le haut. (Dosicap Zip contient Acide aminonaphtalène sulfonique, sel de sodium, Acide sulfanilique, sel de sodium dihydraté.).
- Secouer énergiquement la cuve.
- Après 10 min, retourner de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve.
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre.



Figure 30 : Cuve d'analyse contient acide citrique.

+ Dosage de nitrate NO_3^- :

Matériel :

- Spectrophotomètre UV-Visible.

Mode opératoire :

- Pipetter soigneusement 1 ml d'échantillon.
- Pipetter 0.2 ml de réactif A.
- Fermer la cuve et la secouer énergiquement.
- Après 15 min, retourner de nouveau et bien nettoyer l'extérieur de la cuve.
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre.



Figure 31 : Cuve d'analyse contient 60% d'acide sulfurique et 33% d'acide phosphorique.



Figure 32 : Reactif A contient 2-Propanol.

Chapitre 04 :
« Résultats et
discussion »



I. Les paramètres physico-chimiques

1. La conductivité électrique CE (mS/cm)

Tableau 09 : Les valeurs de (CE) à l'entrée et à la sortie de la station.

Mois	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr
CE(ms/cm)Entrée	1.2	0.97	1.23	1.35	1.13	1.19
CE(ms/cm)Sortie	1.1	1.07	1.11	1.21	1.1	1.11

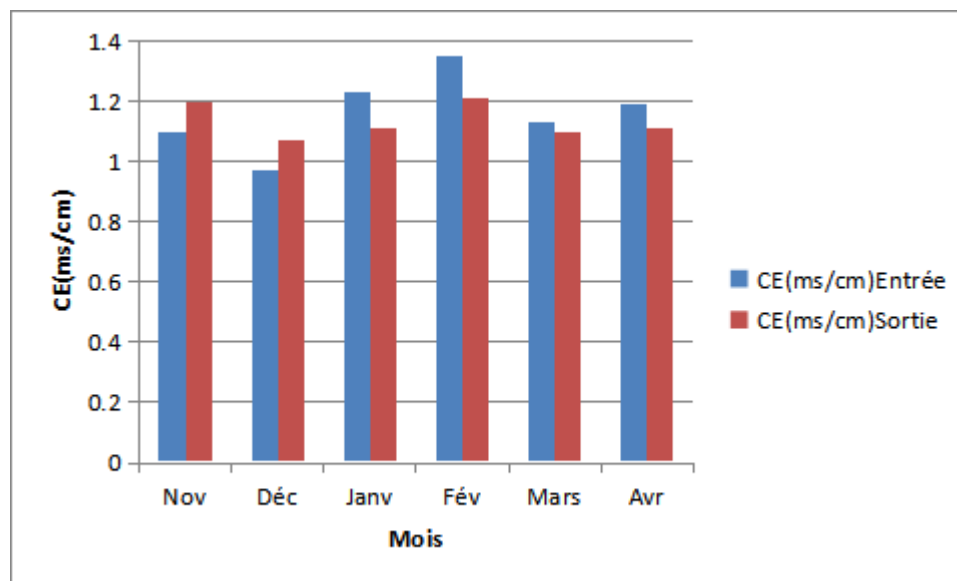


Figure 33 : Les variations des valeurs de la conductivité (CE) à l'entrée et à la sortie de la station.

Selon (**Rodier et al., 2009**), La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

La figure au-dessus illustre la variation des valeurs de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

Les valeurs de la conductivité électrique (CE) enregistrées pendant notre période de travail montre une légère diminution entre l'entrée et la sortie, elles se varient entre 0.97 ms/cm et 1.35 ms/cm à l'entrée de la STEP, et entre 1.07 ms/cm et 1.21 ms/cm à la sortie.

La variation de ce paramètre est relative au débit journalier entrant à la station. Ces valeurs sont probablement liées à l'érosion mécanique et l'apport des rejets industriels. (**Nouar, 2007**). Il faut noter également que les traitements physiques ou biologiques n'ont qu'une faible incidence sur ce paramètre et que sa valeur varie un peu entre l'eau brute et l'eau traitée.

Toutes les valeurs de la conductivité électrique enregistrées sont bien inférieures à la norme algérienne qui est égale à 2 ms/cm. Les eaux sont donc caractérisées par une minéralisation élevée. (Tab. 10).

Tableau 10: Relation existante entre la minéralisation et la conductivité. (Rodier *et al.*, 2009).

Conductivité (µS/cm)	Minéralisation
Conductivité <100	Minéralisation très faible
100<Conductivité <200	Minéralisation faible
200<Conductivité <333	Minéralisation moyenne
333<Conductivité <666	Minéralisation moyenne accentue
666<Conductivité <1000	Minéralisation importante
1000<Conductivité	Minéralisation élevée

2. La température(T°)

Tableau 11 : Les valeurs de la température (T c°) à l'entrée et à la sortie de la station.

Mois	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr
T(c°) Entrée	15.1	16.5	14.1	14.3	15.7	18.2
T (c°) Sortie	14.3	15.5	14.5	14	15.6	17.9

La mesure de la température est nécessaire puisqu'elle joue un rôle important dans la solubilité des gaz, la dissociation des sels dissous et la détermination du pH et sur la vitesse des réactions chimiques en général (Rodier *et al.*, 2009).

La figure suivante représente les variations des valeurs de la température à l'entrée et à la sortie de la station.

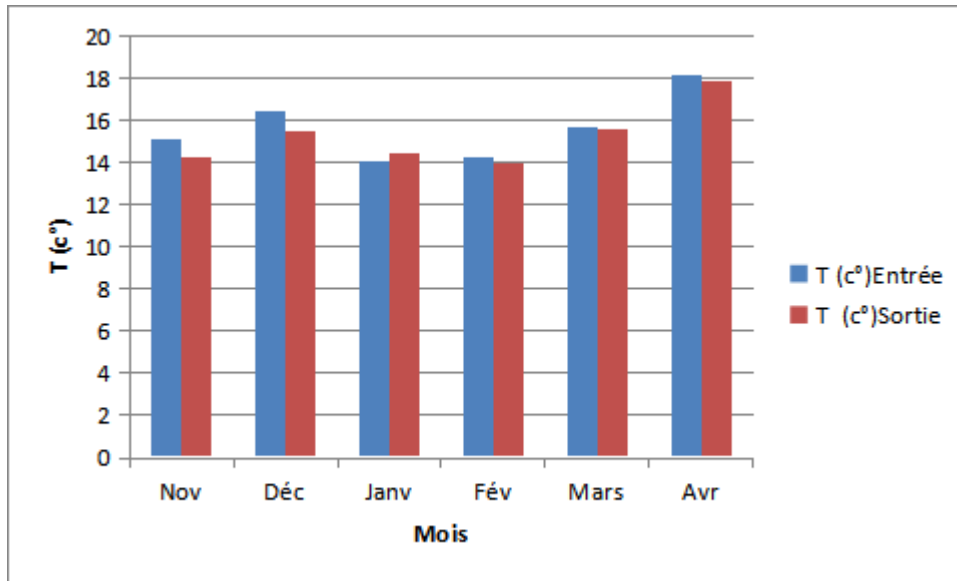


Figure 34 : Les variations des valeurs de la Température (T°C) à l'entrée et à la sortie de la station.

D'après les résultats obtenus, les valeurs de la température des différents échantillons sont très proches. Elles se situent dans un intervalle qui va du minimum de 14.1°C au maximum de 18.2 °C à l'entrée, et entre 14°C et 17.9°C à la sortie, les températures de l'effluent traité restent à la plupart du temps supérieures à celles enregistrées au niveau des eaux brutes car le système renferme des canalisations ou le développement des organismes anaérobies est favorable, et c'est leur activité fermentescible qui est à l'origine du dégagement d'énergie.

En effet, les valeurs mesurées de la Température sont conformes aux normes algériennes et aux normes de l'OMS qui est (30°C). C'est ce qui prouve une bonne épuration des eaux.

3. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Tableau 12 : Les valeurs de pH à l'entrée et à la sortie de la station.

Mois	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr
pH Entrée	7.8	7.7	7.93	8.12	7.64	7.6
pH Sortie	7.6	7.4	7.86	7.8	7.8	7.7

Le pH de l'eau appropriée dépend de la nature des micro-organismes, un pH allant de 6 à 9 est un pH souhaitable pour le maintien de la vie aquatique et en particulier le maintien de la vie des micro-organismes peuplant le bassin d'aération car pour un pH < 6 on a une acidification du milieu qui peut provoquer la défloculation de bassin d'aération et leur mauvaise démontrabilité. (Karaali *et al.*, 2008).

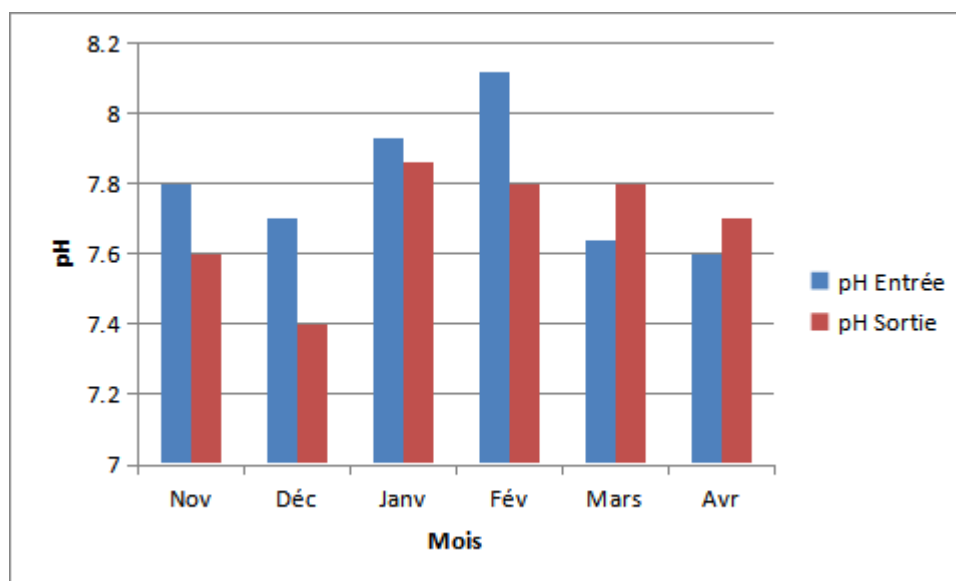


Figure 35 : Les variations des moyennes de pH à l'entrée et à la sortie de la station.

Les valeurs relatives de pH enregistrées durant notre étude sont situées entre 7,6 et 8,12 à l'entrée de la station, et entre 7,4 et 7,86 à la sortie. (**Fig. 35**). Ces valeurs sont conformes aux normes algérienne ($6.5 < \text{pH} < 9$) qui assurent une bonne croissance des bactéries épuratrices donc une bonne décontabilité, ce qui signifie un bon traitement des eaux usées.

4. La demande chimique en oxygène (DCO)

Tableau 13 : Les valeurs de (DCO) à l'entrée et à la sortie de la station.

Mois	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr
DCO(mg/l)Entrée	250	278	300	184	185	157
DCO(mg/l)Sortie	36	35	08	36.8	29.8	67

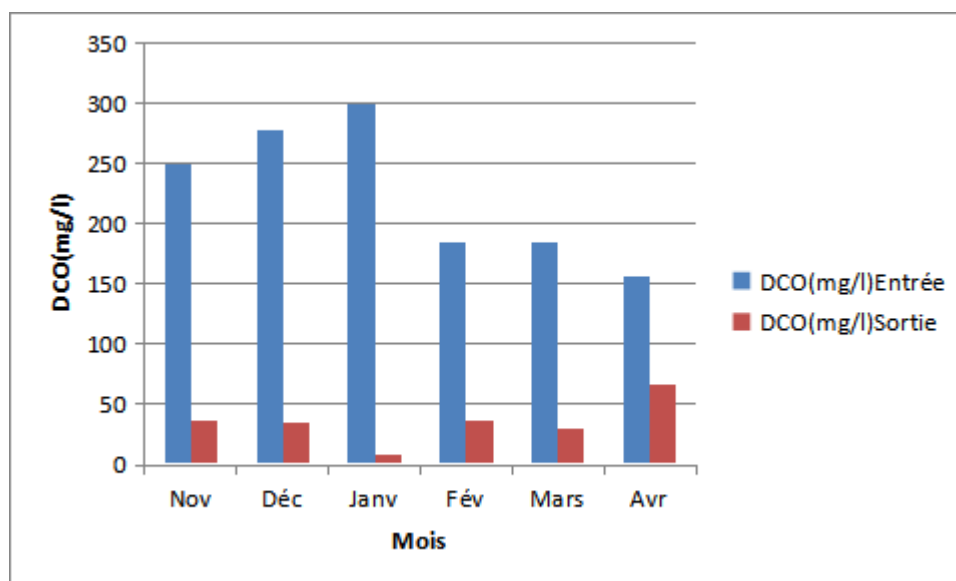


Figure 36 : Les variations de la (DCO) à l'entrée et à la sortie de la station.

La figure 36 illustre la représentation graphique des valeurs de la demande chimique en Oxygène des eaux entrantes et sortantes de la STEP de Guelma.

Nous observons une diminution significative de la DCO dans les deux sites de prélèvement. Les valeurs de cette dernière sont beaucoup plus importantes à l'entrée qu'à la sortie de la STEP. Elles varient entre 157 (mg/l) et 300 (mg/l) à l'entrée, Cela est probablement due à une surcharge des effluents par la matière organique et minérale. Par contre pour les eaux épurées, les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inférieures à celle de l'eau brute, elles varient entre 08 (mg/l) et 67(mg/l). Cette nette baisse des teneurs est due à une dégradation de la matière organique par les micro-organismes.

Toutes les valeurs de la DCO enregistrées sont conformes aux normes de l'OMS et la réglementation algérienne < 90 [mg/l].

5. Les Matières En Suspension (MES)

Tableau 14 : Les valeurs des (MES) à l'entrée et à la sortie de la station.

Mois	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr
MES(mg/l)Entrée	210	146	130	115	135	130
MES(mg/l)Sortie	11	10	20	25	20	50

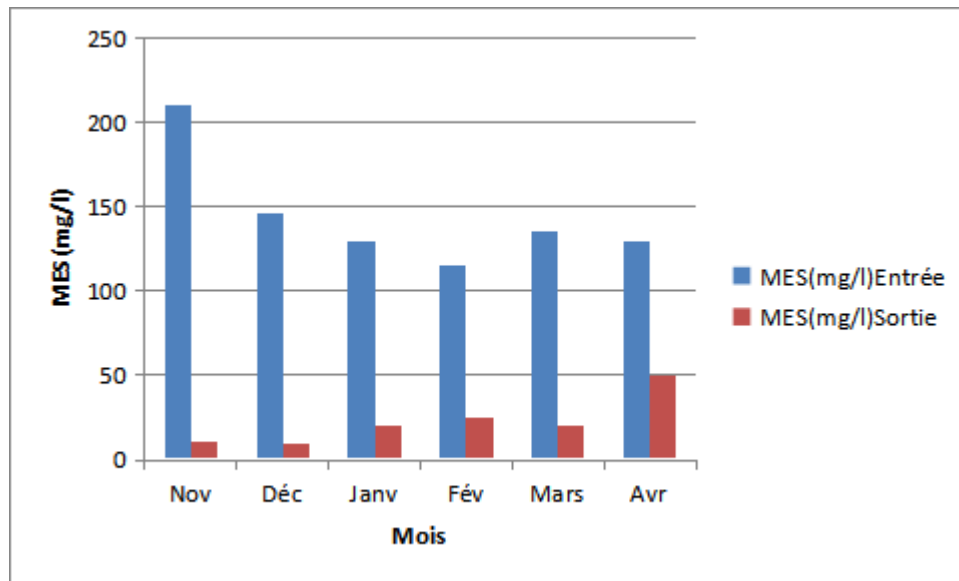


Figure 37 : Les variations des valeurs des (MES) à l'entrée et à la sortie de la station.

Dans les eaux superficielles, les MES peuvent provenir soit des effets de l'érosion naturelle du bassin versant suite à de violentes précipitations, soit des rejets d'eaux résiduaires urbaine ou industrielles. Leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes. En effet, elles peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminué l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique (**Rodier, 1976**).

Selon le graphe (**Fig.37**) on observe que les valeurs de MES diminuent toujours de l'entrée à la sortie de la station. Avant l'épuration on note un maximum de 210 mg/l et un minimum de 115 mg/l. A la sortie ces concentrations montrent une baisse remarquable suite à leurs éliminations principalement au niveau du bassin d'aération.

Toutes les valeurs ne dépassent pas la norme algérienne fixée à 30 mg/l sauf le mois d'Avril qui atteint 50 mg/l soit elle est due à une importante précipitation enregistrée dans ce mois ou un mauvais traitement. Selon (**ANRH, 1999**), les eaux sont de bonne qualité.

II. Les paramètres de la pollution :

1. L'ammonium (NH₄⁺)

Tableau 15 : Les valeurs de (NH₄) à l'entrée et à la sortie de la station.

Mois	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr
NH ₄ (mg/l)Entrée	31	27	25	24.5	7.48	15.6
NH ₄ (mg/l)Sortie	2	2.6	1.04	2.7	0.46	1.37

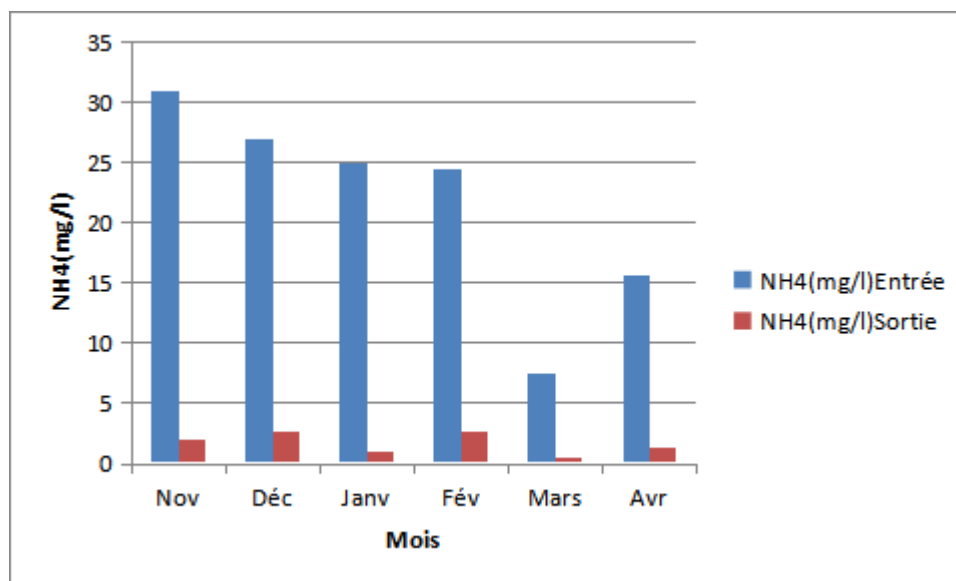


Figure 38 : Les variations des moyennes de NH₄⁺ à l'entrée et à la sortie de la station.

Les sites pollués par la matière organique sont aussi pollués par l'ammonium dont les teneurs augmentent avec l'augmentation de la température et avec la diminution de l'oxygène dissous. (Karaali *et al.*, 2008).

Les résultats obtenus à partir des analyses d'ammonium des eaux entrantes et sortantes de la station sont représentés dans la figure 38, ces résultats varient entre 7,48 mg/l et 31 mg/l à l'entrée, puis diminuer à moins de 5 mg/l à la sortie de la station et cela est due à l'élimination de cet élément dans le bassin d'aération.

2. L'Orthophosphate (OPO₄)

Tableau 16 : Les valeurs de (OPO₄) à l'entrée et à la sortie de la station.

Mois	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr
OPO ₄ (mg/l)Entrée	2.82	2.5	1.1	1.3	1.92	1.4
OPO ₄ (mg/l)Sortie	1.09	1.01	1.03	0.73	1.15	1.68

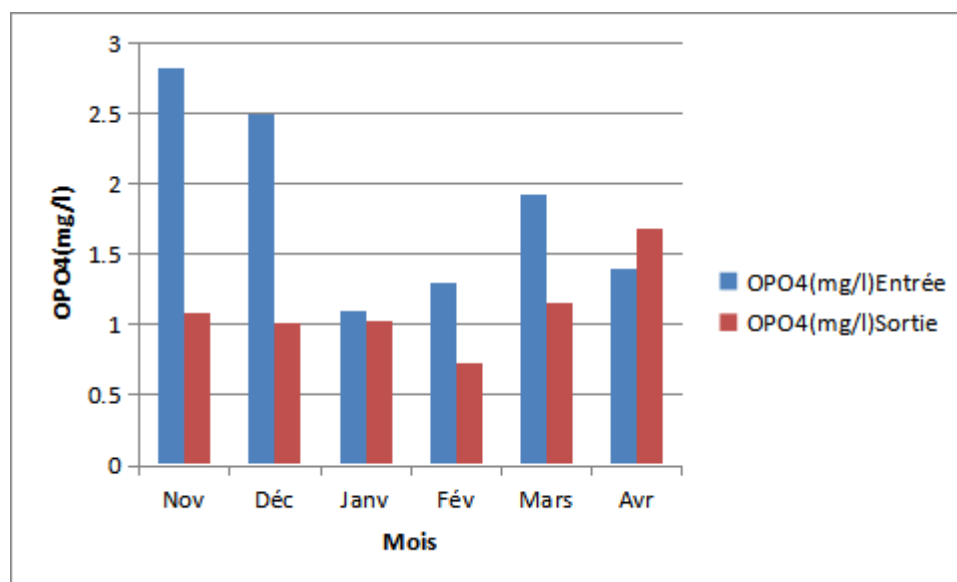


Figure 39 : Les variations de (OPO₄) à l'entrée et à la sortie de la station.

Les résultats obtenus à partir des analyses de l'orthophosphate (OPO₄) des eaux entrantes et sortantes de la station sont représentés dans la **figure 39**. Les teneurs de l'eau brute (à l'entrée de la station) en OPO₄ varient de 1,1 mg/l à 2,82 mg/l. cette concentration diminue à la sortie jusqu'à atteindre une valeur varie entre 0,73 mg/l et 1,68 mg/l. Les valeurs d'OPO₄ inférieures à 2 mg/l indiquent une eau non polluée selon la grille de qualité globale donnée par l'algérienne de rejet des eaux usées après épuration.

3. Les nitrites (NO₂⁻)

Tableau 17 : Les valeurs de (NO₂⁻) à l'entrée et à la sortie de la station.

Mois	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr
NO ₂ (mg/l)Entrée	1.7	1.9	1.3	0.35	0.26	0.37
NO ₂ (mg/l)Sortie	0.5	0.19	0.13	0.35	0.45	0.091

Selon (Rodier, 1976), en l'absence de pollution, il n'y a pas ou il y a très peu de nitrites dans les eaux et dans les zones où l'autoépuration est active. Si la pollution est sensible, celle-ci devient significative au-delà de 1 mg/L. 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 dénitrifiant. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte.

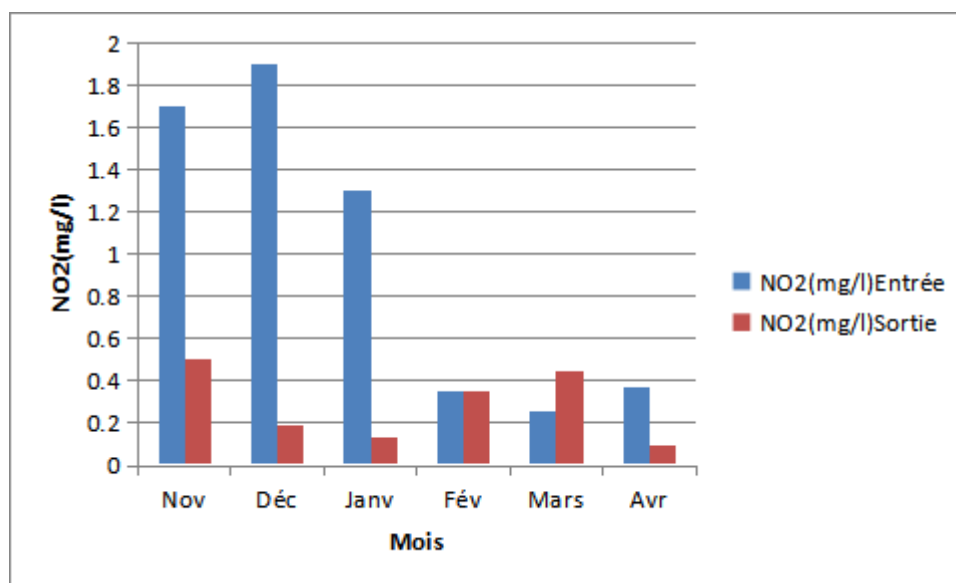


Figure 40 : Les variations des valeurs de nitrites (NO₂⁻) à l'entrée et à la sortie de la station.

Comme il est indiqué sur la figure, à l'entrée de la station les concentrations de nitrites varient de 0,26 mg/l à 1,9 mg/l, ces dernières diminuent après épuration variant de 0,091 à 0,5 mg/l.

Ces valeurs n'ont pas dépassé les normes nationales et internationales (1 mg/l). (Voir **Tableau 6 : normes de rejet internationales OMS.**)

4. Les Nitrates (NO_3^-)

Tableau 18 : Les valeurs de nitrates (NO_3^-) à l'entrée et à la sortie de la station.

Mois	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr
$\text{NO}_3(\text{mg/l})$ Entrée	2.6	3.9	4.4	4.9	2.15	5.20
$\text{NO}_3(\text{mg/l})$ Sortie	11.5	10.65	12	11.78	12.52	8.36

Les nitrates sont en effet l'élément chimique majeur qui conditionne la vie des micro-organismes dans l'eau. Les bactéries ont toujours besoin d'une source azotée pour la synthétiser et structurer leurs protéines. (**Karaali *et al.*, 2008**).

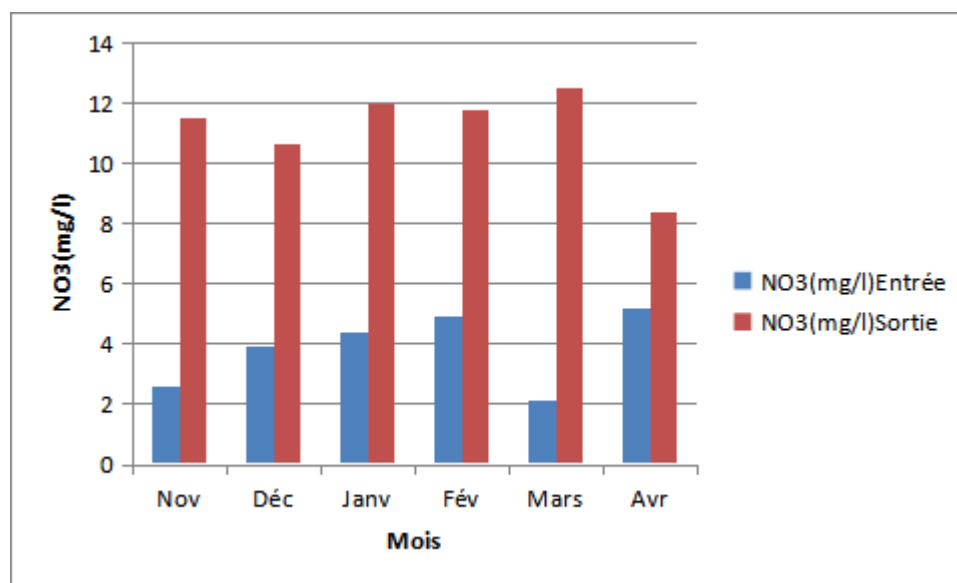


Figure 41 : Les variations des valeurs de nitrates (NO_3^-) à l'entrée et à la sortie de la station.

Les valeurs de nitrate enregistrées pendant notre période de travail varient entre 2,15 mg/l et 5,20 mg/l pour les eaux entrantes de la station et entre 8,36 mg/l et 12,52 mg/l pour les eaux sortantes. (**Fig. 41**). Il est à souligner que les valeurs enregistrées sont dans les normes nationales (< 15 mg/l). (**STEP Guelma, 2022**).

Conclusion générale



Conclusion

Les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population, des activités commerciales, industrielles et agricoles qui sont collectées par un réseau d'assainissement et transportées ensuite vers une station d'épuration des eaux usées.

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer son origine et de connaître l'importance de leur charge polluante, dont la contamination microbiologique par des micro-organismes pathogènes a des conséquences importantes sur la santé humaine et celle des autres êtres vivants.

Avant que les eaux usées ne soient rejetées dans le milieu naturel, elles doivent être acheminées vers une station d'épuration où elles subiront plusieurs phases d'épuration selon des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution.

Afin de montrer l'intérêt de leur épuration, nous avons présenté dans ce travail d'une part, les origines et caractéristiques des eaux usées, et d'autre part, les différentes méthodes utilisées pour leur épuration.

L'objectif principal de notre étude était donc de suivre l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux usées de la station d'épuration de la ville de Guelma, sur une période de six mois à partir de novembre 2021 jusqu'à Avril 2022. Ces dernières sont traitées puis elles sont rejetées dans l'Oued Seybouse en attendant leur utilisation dans le périmètre d'irrigation très prochainement.

Concernant les analyses physico-chimiques, nous avons étudié quelques paramètres à savoir : (pH, température, conductivité électrique, DCO, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , OPO_4 et les MES).

Les résultats de ces analyses sur six échantillons prélevés mensuellement ont montré que les eaux usées épurées de la STEP de Guelma sont caractérisées par :

- Une moyenne de 1210 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la conductivité électrique qui est élevée mais ne dépassant pas les normes, traduisant une minéralisation élevée.
- Une température inférieure à 30°C qui est saisonnière, ce qui prouve une bonne épuration des eaux.
- Un PH entre 6.5 à 9 assurant une bonne croissance des bactéries épuratrices.
- Une DCO conforme aux normes de l'OMS et la réglementation algérienne (<90 mg/l) ce qui prouve la dégradation de la matière organique par les micro-organismes.
- Une baisse remarquable de MES (< 30 mg/l) suite à leurs éliminations au niveau du bassin d'aération, les eaux sont donc de bonne qualité.

- Des teneurs faibles en ammonium NH_4^+ (<5mg /l) traduisant une eau de bonne qualité.
- Des teneurs en orthophosphates OPO_4 inférieures à 2 mg/l indiquent une eau non polluée selon la grille de qualité globale donnée par l'algérienne de rejet des eaux usées après épuration.
- Des teneurs très faibles en nitrites NO_2^- qui n'ont pas dépassé les normes nationales et internationales (1 mg/l), traduisant une eau de qualité très bonne.
- Des teneurs en nitrates NO_3^- qui sont dans les normes nationales (< 15 mg/l), traduisant une eau de bonne qualité.

Ceci nous a permis de :

Conclure que l'eau arrive à la station est chargée essentiellement par des polluants de nature domestique et elle sort débarrassée du maximum de sa charge, donc au total, les résultats des analyses étaient conformes aux normes algériennes pour les eaux épurées ce qui explique que le traitement effectué est acceptable.

La récupération et la réutilisation de l'eau usée s'est avérée être une option réaliste pour couvrir le déficit en eau et les besoins croissants en cette dernière dans notre pays, mais aussi pour se conformer aux règlements relatifs au rejet des eaux usées, en vue de la protection de l'environnement, et de la santé publique. En outre, du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée pour l'irrigation constituent probablement l'approche d'élimination la plus et la plus réaliste. Cette réutilisation n'est pas un nouveau concept. Avec l'augmentation de la demande en eau, liée à l'augmentation de la population et l'amélioration de niveau de vie, la réutilisation de l'eau usée acquiert un rôle croissant dans la planification et le développement des approvisionnements supplémentaires en eau. C'est particulièrement important pour notre pays puisque son climat est la plupart du temps arides ou semi arides. Il bénéficie de faibles précipitations, la plupart du temps saisonnières, et à distribution irrégulière. Par ailleurs, la qualité de l'eau se détériore fortement.

L'eau est une ressource limitée, il faut donc agir pour conserver et préserver ce patrimoine commun irremplaçable.

Résumé

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine, et constitue le patrimoine d'une nation. L'objectif principal de cette présente étude étalée sur une période de six mois (Novembre 2021- Avril 2022) était le suivi régulier du fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Guelma dont le rendement de cette dernière est le facteur principal pour l'évaluation de la qualité des eaux rejetées dans les milieux naturels.

Au terme d'un prélèvement mensuel d'échantillons d'eau à l'entrée et à la sortie de la station, les analyses des différents paramètres physico-chimiques à savoir (PH, DCO, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , OPO_4 , CE, T°c , MES), effectuées au laboratoire d'analyse de la station nous a permis de décrire et classer la qualité de ces eaux notamment à la sortie.

Au total, les résultats des analyses étaient plus proches et plus conformes aux normes nationales pour les eaux épurées corrélativement aux résultats des travaux précédents relatifs au même sujet. Donc notre étude a révélé que la station de Guelma fonctionne d'une façon efficace et régulière à tous les niveaux et par conséquent, le traitement épuratif des eaux usées est acceptable.

Mots clés :

Guelma, Station d'épuration, eaux usées, paramètres physico-chimiques, normes nationales.

Abstract

Water is a natural element essential to life. It is a necessary wealth for all human activity and constitutes the heritage of a nation. The main objective of this study spread over a six-month period (November 2021- April 2022) was the regular monitoring of the operation of the City of Guelma's wastewater treatment plant, whose performance is the main factor in assessing the quality of water discharged into the natural environment.

At the end of a monthly sampling of water at the inlet and outlet of the station, analyses of the various Physico-chemical parameters, namely (PH, DCO, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , OPO_4 , CE, T°c , MES), carried out at the station's analytical laboratory allowed us to describe and classify the quality of these waters, especially at the outlet.

In total, the results of the analyses were closer and more in line with the national standards for treated water, correlating with the results of previous works on the same subject. So, our study showed that the Guelma station operates in an efficient and regular way at all levels and therefore, the purification treatment of wastewater is acceptable.

Keywords

Guelma, treatment plant, sewage, Physico-chemical parameters, national standards.

ملخص

الماء عنصر طبيعي ضروري للحياة، إنه ثروة ضرورية لجميع الأنشطة البشرية، ويشكل تراثاً للأمة. كان الهدف الرئيسي لهذه الدراسة المنجزة على فترة ستة أشهر (نوفمبر 2021 - أبريل 2022) هو المراقبة المنتظمة لعمل محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة قالمة، والتي يعد أداؤها العامل الرئيسي في تقييم جودة المياه التي يتم تصريفها في البيئة الطبيعية.

فبعد أخذ عينات شهرية من المياه من مدخل ومخرج المحطة، سمحت لنا تحليلات مختلف المعايير الفيزيائية والكيميائية التي أجريت في المختبر التحليلي للمحطة بوصف وتصنيف جودة هذه المياه خاصة الخارجة من المحطة.

وفي المجموع، كانت نتائج التحليلات مقارنة وموافقة للمعايير الوطنية للمياه المعالجة، ومرتبطة بنتائج الأعمال السابقة بشأن نفس الموضوع. لذلك أظهرت دراستنا أن محطة قالمة تعمل بطريقة فعالة ومنتظمة على جميع المستويات وبالتالي فإن معالجة مياه الصرف الصحي مقبولة.

الكلمات المفتاحية

قالمة، محطة معالجة، المياه المستعملة، التحليلات الفيزيائية الكيميائية، المعايير الوطنية.

Références bibliographiques

1. **Abda H, et Bouchahed I. (2009).** Caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées de rejets d'Oued EL maiz et Traitement avec le Typha latifolia. Mémoire Diplôme d'ingénieur. Université 08 Mai 1945 – Guelma, 5-8,21-33-44p.
2. **Allali S, et Seddi D. (2016).** Suivi de la qualité des eaux usées urbaines par la STEP de Bouira. Mémoire de master. Université de Bouira, 75p.
3. **Allel M, Hamel W, et Ben kirat A. (2013).** Suivi De l'efficacité des procédés de la station d'épuration de la ville de GUELMA (Nord-Est Algérien). Mémoire de master. Université 08 mai 1945– Guelma, 66 p.
4. **ANRH, Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. (1999).**
5. **Attab S. (2013).** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local. Mémoire de magister. Université kasdi Merbah-Ouargla.
6. **Baouia A, et Habbaz D. (2006).** La situation d'assainissement et d'évacuation des eaux usées de la ville d'Ouargla et caractérisation des eaux de Chott de Ain baida. Mémoire diplôme d'ingénieur. Université kasdi Merbah-Ouargla, 118p.
7. **Benelmouaz A. (2015).** Performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia. Mémoire de master, Université Abou bekr belkaid – Tlemcen, 104p.
8. **Bouhanna A. (2014).** Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette de Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne. Mémoire de magister, Université Kasdi Merbah – Ouargla, 178 p.
9. **Bouzidi Y. (2020).** Réutilisation des Eaux Usées Epurées en Algérie. Mémoire de master. Université 08 mai 1945 – Guelma, 61p.
10. **Chaouch A. (2013).** Surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé biologique de dépollution. Mémoire de magister, Université 20 août 1955 – Skikda, p3-13.
11. **Charabi M. (2016).** Possibilités de réutilisation des eaux épurées et valorisation des boues de la station d'épuration de BOUMERDES. Mémoire de master, Ecole nationale supérieure d'hydraulique (ENSH) – Boumerdes, 73p.
12. **Chibani S. (2010).** Analyses physico-chimique et rhéologique des boues d'épuration des eaux usées de la ville de Guelma. Mémoire de magister. Université 08 Mai 1945 – Guelma, 157p.
13. **CREPA, Centre régional pour l'eau potable et l'assainissement a faible coût.(2007).** Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées : Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, 52p.

14. **CSHPF**, Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. (1995) - Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines Section des eaux, 22 p.
15. **Degremont**. (1978). Mémento technique de l'eau : 8ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 1200p.
16. **Djemame A, et Moumene S.** (2011). contribution à l'étude du traitement des eaux usées de la ville de Guelma .Mémoire de master. Université 08 mai 1945 – Guelma, 55p.
17. **FAO.** (2003). L'irrigation avec des eaux usées traitées. *Manuel d'utilisation*, Proche-Orient, 68 p.
18. **Journal Officiel de la République Algérienne.** (2012).
19. **IFEN.** (2004). L'épuration des eaux usées urbaines, Les données de l'environnement, n° 98, 4 p.
20. **Ghettas N.** (2009). Epuration des Eaux Usées : Cas de la Ville de Touggourt. Mémoire d'ingénieur d'état en Biologie, Université Kasdi Merbah – Ouargla, 68p.
21. **Karaali R, Khattal M, et Reggam R.** (2008). Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées avant et après épuration : cas de la station d'épuration de la Ville de Guelma (Nord-est Algérien).Mémoire diplôme d'ingénieur. Université 08 mai 1945 – Guelma, 19-24-27 p.
22. **Ladjel F.** (2006). Exploitation d'une station d'épuration à boue activée, niveau 02.Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, 80p.
23. **Latifi S.** (2018). Etude de la vulnérabilité des nappes aquifères de la région de Guelma et évaluation du rôle des STEP dans la protection des eaux. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar –Annaba, 159 p.
24. **Lazarova V, et Brissaud F.** (2007). Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des Eaux usées en France. L'Eau, l'Industrie, les Nuisances, N° 299, p44.
25. **Mahdjar M.** (2016). Etude des performances de la station d'épuration de la ville d'Ouargla, Mémoire de master, Université KASDI MERBAH – Ouargla, p 8-11.
26. **Metahri M.** (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatées des eaux usées traitées, par des procédés mixtes.cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri – Tizi Ouzou, 148 p.
27. **Nouar T.** (2007). Impact de la pollution sur les ressources en eaux superficielles et souterraines de la région de Guelma. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar – Annaba, 120 p.
28. **ONA**, Office National d'Assainissement. (2015).

29. **Oubacha N. (2011).** Décontamination des eaux contenant des colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétiques. Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri – Tizi ousou, 122p.
30. **Rejsek F. (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Ed CRDP, Aquitaine (France).
31. **Rodier J. (1976).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaire, Eaux de mer, 5^{ème} Edition : Dunod, Paris (France).
32. **Rodier J. (1984).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer, 7^{ème} édition. Ed. Dunod, Paris (France).
33. **Rodier J. (2005) .**Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{ème} Edition : Dunod, Paris (France), pp 1008-1043.
34. **Rodier J, Bazin C, Broutin J.-P, Chambon P, Champsaur H, et Rodi L. (2005).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eaux de mer. 8^{ème} Edition : Dunod, Paris (France), 1383p.
35. **Rodier J, Legube B, Merlet N, et Brunet R. (2009).**L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9^{ème} Edition : Dunod, Paris (France), 1579p.
36. **SOW I. (2001).** Eaux usées : Normes de rejet. *Docum. ISN 5*, 27 p.
37. **STEP Guelma**, station d'épuration de la ville de Guelma : Fiche technique. **(2022)**.
38. **Tebessi, A et Bahloul, M.(2014).** caractérisation des eaux usées épurées de la vile de Guelma et leur aptitude à l'irrigation.Mémoire de master. Université 08 mai 1945 – Guelma, 74p.
39. **WWDR. (2017).** Les eaux usées une ressource inexploitée. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau, 183p.
40. **Zeghoud M. (2014).** Étude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire de master, Université D'EL –Oued, 71p.

Références webographiques

- [1] <https://www.senat.fr/rap/102-215-2/102-215-269.html> (Page consultée le 12/02/2022 à 23:07)
- [2] <https://wikiwater.fr/a21-les-techniques-de-lagunage> (Page consultée le 14/02/2022 à 17 : 17).
- [3] <https://chemindeleau.com/Lagunage-systeme-d-epuration-de-l.html#8/47.899/5.343> (Page consultée le 14 / 02/ 2022 à 17 : 22).
- [4] https://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0506/bei/bei_ere/5/html/b2/proj/proc_bio.htm (Page consultée le 14/02/2022 à 17 :29).
- [5] <https://www.univ-chlef.dz/fsnv/wp-content/uploads/Cours-Qualit%C3%A9-et-traitement-des-eaux-Mr.-Toubal--M1-Eau-Environnement.pdf> (Page consultée le 16/02/2022 à 19 : 22).